

ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ

В.Б.АТАБЕКОВ

РЕМОНТ

трансформаторов
и электрических
машин

В. Б. АТАБЕКОВ

РЕМОНТ трансформаторов и электрических машин

Одобрено Ученым советом
Государственного комитета СССР
по профессионально-техническому образованию
в качестве учебного пособия
для средних
профессионально-технических
училищ



МОСКВА «ВЫСШАЯ ШКОЛА» 1983

ББК 31.261.8

A 92

УДК 621.314

Рецензенты: канд. техн. наук, доц. Б. К. Клоков (МЭИ),
инж. М. Г. Полянин (Мосэнергоремонт).

Со всеми замечаниями и предложениями просим обращаться по адресу: 101430, Москва, Неглинная ул., 29/14, издательство «Высшая школа».

Атабеков В. Б.

A 92 Ремонт трансформаторов и электрических машин: Учеб. пособие для средн. проф.-техн. училищ. — М.: Высш. шк., 1983. — 352 с., ил. — (Профтехобразование. Энергетика).

В пер: 80 к.

Книга содержит описание устройства трансформаторов, электрических машин и коммутационных аппаратов, а также технологии электрослесарных работ по их разборке, ремонту и сборке. В ней рассмотрены вопросы организации и планирования электроремонтных работ, приведены необходимые сведения об оборудовании и оснастке электроремонтных предприятий и указаны наиболее рациональные способы их применения в ремонтной практике.

Книга предназначена в качестве учебного пособия для учащихся средних профессионально-технических училищ, готовящих электрослесарей по ремонту электрооборудования. Учебное пособие может быть использовано при профессиональном обучении рабочих на производстве.

A 2302030000—140
052(01)—83 3—83

ББК 31.261.8
6П2.1.081

Вильям Борисович Атабеков

РЕМОНТ ТРАНСФОРМАТОРОВ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Редактор М. В. Золоева. Художник А. И. Шавард. Художественный редактор Т. В. Панина. Технический редактор Н. А. Битюкова. Корректор М. А. Минкова

ИБ № 4154

Изд. № ЭГ-13. Сдано в набор 18.10.82. Подп. в печать 07.02.83. Т-01254. Формат 84×108¹/₃₂. Бум. тип. № 3. Гарнитура Таймс. Печать высокая. Объем 18,48 усл. печ. л. 18,48 усл. кр.-отт. 22,82 уч.-изд. л. Тираж 75 000 экз. Зак. № 629. Цена 80 коп.

Издательство «Высшая школа», Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/14
Ордена Октябрьской Революции, ордена Трудового Красного Знамени Ленинградское производственно-техническое объединение «Печатный Двор» имени А. М. Горького Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 197136, Ленинград, П-136, Чкаловский просп., 15.

© Издательство «Высшая школа», 1983

Решениями XXVI съезда КПСС предусмотрено дальнейшее развитие электроэнергетики СССР на базе роста количества и мощности электростанций, развития передающих электрических сетей высоких и сверхвысоких напряжений, совершенствования и модернизации электрооборудования, имеющегося в нашей стране.

В статье «Плюс электрификация», опубликованной в газете «Правда» (22 декабря 1981 г.), указывалось, что «главными задачами являются интенсификация развития энергетики, повышение ее экономичности. Для этого важно не только строить новые электростанции, но и быстрее модернизировать действующее оборудование, повышать качество ремонта, совершенствовать эксплуатационные режимы, снижать потери электроэнергии в сетях».

В условиях пока не полностью удовлетворяемой потребности в электрооборудовании проблемы быстрого возврата в строй и обеспечения продолжительной безаварийной работы трансформаторов, электрических машин и коммутационных аппаратов путем совершенствования технологии, сокращения сроков и повышения качества ремонта приобрели особую актуальность. Ремонт стал одним из основных направлений смягчения острой потребности в электрооборудовании.

В результате ремонта электрооборудование возвращается в строй, а высокое качество ремонта обеспечивает продление межремонтных сроков работы электрооборудования. В процессе ремонта в ряде случаев можно модернизировать электрооборудование, изменять в нужном направлении его параметры или технические характеристики, повышать экономичность работы. Многолетняя практика работы электроремонтных цехов и заводов показала, что свыше 70% поступающего в ремонт поврежденного электрооборудования составляют трансформаторы, электрические машины и коммутационные аппараты, в ремонте которых значительное место занимают электрослесарные работы.

К ремонту трансформаторов, электрических машин и коммутационных аппаратов предъявляют высокие требования в отношении качества, соблюдения государственных стандартов, сокращения сроков ремонта, экономного расходования материалов, модернизации электрооборудования, выполнения ремонта на высоком уровне технологии, увеличения межремонтной продолжительности работы электрооборудования и др.

Выполнение этих требований зависит в первую очередь от квалификации непосредственных исполнителей электроремонтных работ — электрослесарей. Электрослесарь-ремонтник должен обладать необходимыми теоретическими знаниями и хорошими практическими навыками, уметь не только безошибочно устанавливать характер и причины неисправности или повреждения, но и определять способы их быстрого устранения. Кроме того, он должен хорошо знать устройство трансформаторов, электрических машин и коммутационных аппаратов как современных, так и старых конструкций, уметь применять наиболее рациональные способы ремонта с широким использованием соответствующих средств механизации труда, выявлять возможности совершенствования и модернизации конструкций, а также изменения в нужном направлении параметров ремонтируемого электрооборудования, правильно распределять и планировать выполнение комплекса ремонтных работ, т. е. быть квалифицированным специалистом, обладающим широким профессиональным кругозором.

Учитывая развитие и перспективность одной из прогрессивных форм коллективного труда — метода бригадного подряда, при котором от каждого члена бригады требуется умение выполнять несколько смежных профессий, в книге приведены сведения об обмоточных и электроизоляционных работах в таком объеме, чтобы электрослесарь был способен квалифицированно выполнять не только электрослесарные работы, но при необходимости и отдельные электрообмоточные и электроизоляционные операции ремонта.

Поскольку в поступающем в ремонт электрооборудовании оказывается обычно большое число трансформаторов, электрических машин и коммутационных аппаратов устаревших конструкций, но поддающихся модернизации, в книге приводятся также сведения об устройстве, способах ремонта и модернизации некоторых видов такого электрооборудования.

При подготовке рукописи книги автору оказали помощь канд. техн. наук, доцент Московского энергетического института Б. К. Клоков, главный инженер Московского областного энергетического управления «Мособлэлектро» В. П. Кирбасов, сотрудники производственного объединения «Мосэнергоремонт» Минэнерго СССР начальник конструкторского отдела Л. В. Орешкин и начальник электроцеха А. П. Козлов, высказавшие ряд полезных советов и рекомендаций.

ГЛАВА I

ОСНОВЫ СЛЕСАРНЫХ РАБОТ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В электромашиностроении широко применяются черные и цветные металлы (чугун, сталь, медь, бронза, алюминий). Однако основную массу такого электрооборудования, как трансформаторы и электрические машины, составляют черные металлы (сталь и чугун), металлургический процесс производства которых показан на схеме (рис. 1). Например, в трехфазных двухобмоточных силовых трансформаторах масса стали составляет около 80% их общей массы без масла, а в электрических машинах с чугунной литой станиной и короткозамкнутым ротором масса чугуна и стали, взятых вместе, — выше 82% всей массы машины.

Трансформаторы, электрические машины и особенно коммутационные аппараты содержат множество различных деталей и сборочных единиц также из цветных металлов. Поэтому в технологии ремонта электрооборудования значительное место занимают слесарные работы, связанные с необходимостью изготовления или обработки заготовок и деталей из черных и цветных металлов.

Слесарными работами называют выполняемые слесарем вручную или механизированным способом технологические операции обработки металлов, изготовления заготовок и деталей, а также работы по соединению и сборке готовых деталей в сборочные единицы и их наладке.

В настоящей главе приведены краткие описания способов выполнения наиболее часто встречающихся при ремонте электрооборудования слесарных работ, таких, как рубка, правка, гибка, резка, опилование, сверление, зенкерование, развертывание, нарезание резьбы, шабрение, лужение и пайание.

При необходимости изготовления для ремонтируемого электрооборудования отдельной детали или сборочной единицы весь комплекс слесарных работ выполняют в соответствии с принятой на данном предприятии технологией ремонта, определяемой, главным образом, степенью его оснащенности технологическим оборудованием. Технологические операции слесарной обработки производят чаще всего в четыре этапа.

На первом (подготовительном) этапе выполняют требуемую заготовку или предварительно обрабатывают имеющуюся заготовку, придавая ей необходимые формы или размеры, близкие к формам и размерам готовой детали.

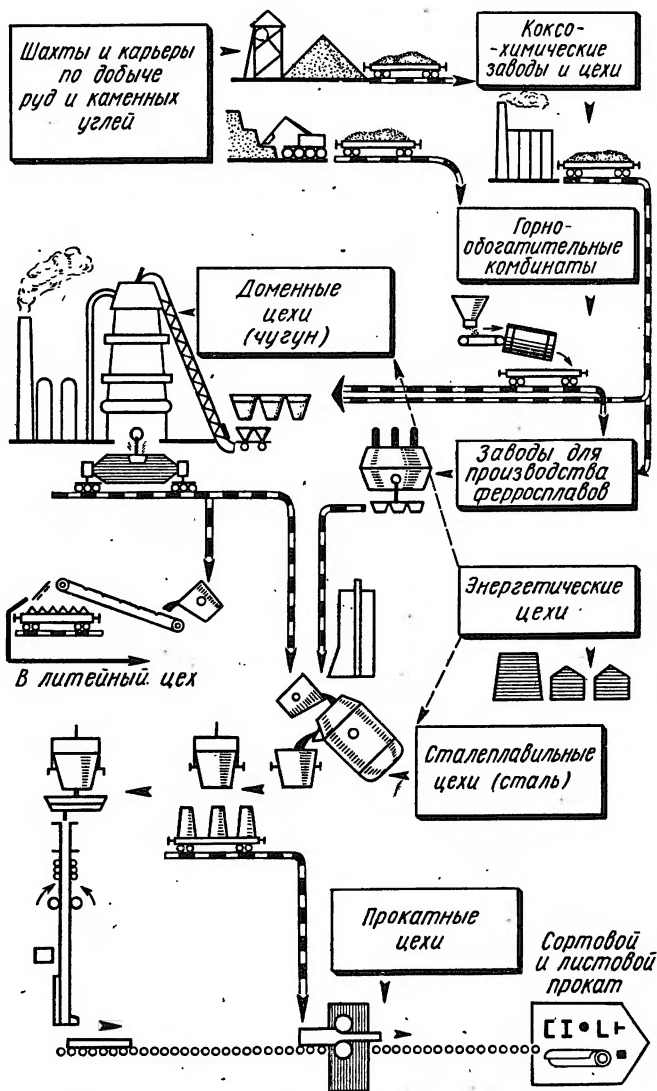


Рис. 1. Схема металлургического процесса производства чугуна, стали и проката

На втором (основном) этапе готовую заготовку обрабатывают, придавая ей формы и размеры, предусмотренные технической документацией (чертежом, технологической картой), например, обеспечивают требуемую шероховатость обрабатываемой поверхности, сверлят отверстия необходимых размеров, нарезают резьбу и т. д. На этом этапе обработки заготовку превращают в готовую деталь.

К готовым деталям могут предъявляться дополнительные требования, например: высокая твердость, коррозионная стойкость, износостойчивость, повышенная чистота обработки поверхности (шероховатость) и др. Эти требования осуществляют на третьем этапе слесарной обработки путем закалки, шабрения и других слесарных операций.

На четвертом (заключительном) этапе контролируют правильность и качество операций, выполненных на предыдущих этапах, собирают готовые детали в сборочную единицу и проверяют правильность их взаимодействия в ней, производят требуемую наладку и регулировку.

При ремонте электрооборудования многие операции слесарной обработки приходится выполнять электрослесарю малопродуктивным ручным способом, вызывающим быструю его утомляемость. Для обеспечения высокой производительности труда и устранения быстрой утомляемости электрослесаря необходимо особое внимание уделить правильной организации его рабочего места.

§ 2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА ЭЛЕКТРОСЛЕСАРЯ

Рабочим местом называют часть пространства, приспособленного для выполнения работником или группой работников производственного задания. Рабочее место включает: основное и вспомогательное производственное оборудование (станки, механизмы, энергетические установки, различные коммуникации), технологическую оснастку, приспособления, инструмент и необходимый инвентарь (установочные столы, верстаки, стеллажи, шкафы и др.). При организации рабочего места должны учитываться требования научной организации труда (НОТ).

В соответствии с требованиями НОТ рабочее место электрослесаря должно быть оборудовано техническими средствами, обеспечивающими: максимальные удобства для работы; безопасность труда; рациональное построение трудового процесса; физиологически правильную рабочую позу; рациональное размещение и строгий порядок хранения инструментов, приспособлений, заготовок, изготовленных деталей; поддержание на рабочем месте определенного порядка и чистоты. Организация рабочего места, предусматриваемая НОТ, обеспечивает высокую производительность труда, максимальную экономию рабочего времени, высокое качество ремонта и сохранение здоровья рабочего.

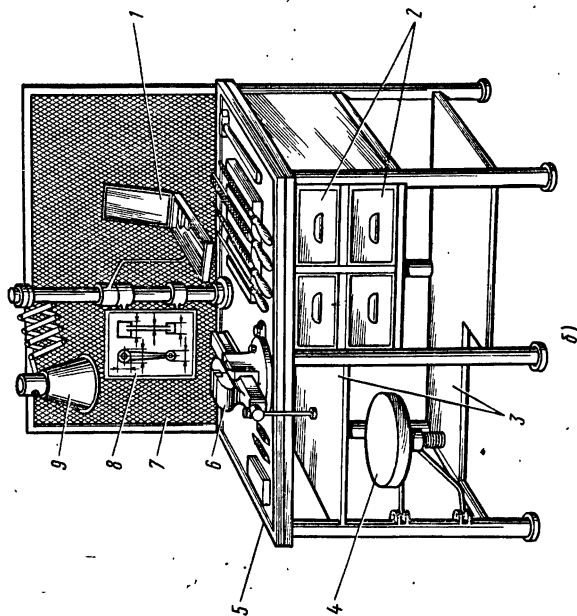
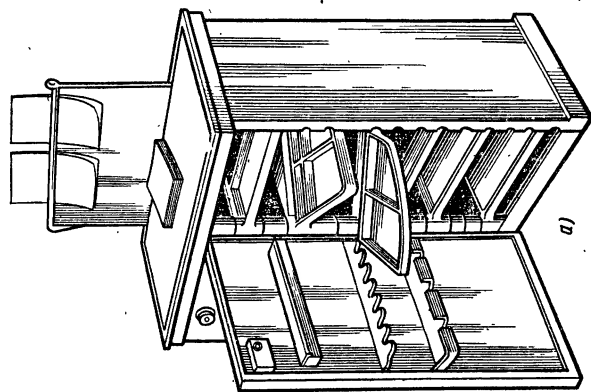


Рис. 2. Оборудование рабочего места электрослесаря ремонтного цеха:

a — инструментальный шкаф, *б* — слесарный верстак; *1* — полка для измерительного инструмента, *2* — выдвижные ящики, *3* — полки, *4* — выдвижное сиденье, *5* — столешница, *6* — тиски, *7* — защитный экран (проводочная сетка), *8* — планшет для чертежей, *9* — светильник

Рабочее место электрослесаря может быть создано вблизи ремонтируемого электрооборудования или в электроцехе предприятия. Вблизи ремонтируемого электрооборудования рабочее место организуют при ремонте крупногабаритного трансформатора (или электрической машины), доставка которого в ремонтный цех по каким-то причинам невозможна или нецелесообразна. В таких случаях рабочим местом электрослесаря временно служит ремонтная площадка, надежно отгороженная от остального оборудования и оснащенная всем необходимым для безопасного выполнения всего комплекса предстоящих ремонтных работ.

Электрослесарю, производящему слесарные работы по ремонту сравнительно небольших (по габаритным размерам и массе) деталей и сборочных единиц, рабочим местом служит обычно участок на территории ремонтного цеха, оборудованный инструментальным шкафом (рис. 2, а) и слесарным верстаком (рис. 2, б).

Слесарные операции ремонта электрооборудования электрослесарь выполняет с помощью слесарного (рис. 3), металлорежущего (рис. 4) и измерительного (рис. 5) инструмента.

Слесарный инструмент. В набор основного слесарного инструмента входят молотки, зубила, крейцмейсели, бородки, напильники, надфили, шаберы, отвертки, гаечные ключи и ножовки.

Слесарные молотки (рис. 3, а) изготавливают массой 400—800 г из сталей марки У7 или 40Х с рукоятками из древесины деревьев твердых и упругих пород (клен, граб и др.). Для выполнения разметочных работ применяют специальные разметочные молотки, имеющие в уширенной части сквозные отверстия с вставленной в ней линзой и пустотелую рукоятку; линза позволяет четко различать разметочные риски (линии), а пустотелая рукоятка молотка может быть использована слесарем для хранения в ней мелких инструментов (чертилок, кернеров и др.). При сборочных работах наряду со стальными используют также деревянные молотки и молотки со вставками из мягких металлов (медь, свинец и др.).

Зубила (рис. 3, б) изготавливают длиной 150—200 мм с шириной рабочей части 10—20 мм из углеродистых сталей У7А, У8А и др. Зубила закаливают, проверяя степень закалки напильником, которым проводят по их рабочей части: если на ней останутся только мелкие риски, закалку считают удовлетворительной. Зубила используют для разрубления металла, срезания заклепок при разборке заклепочных соединений.

Крейцмейсели (рис. 3, в) изготавливают из сталей тех же марок, что и зубила, и применяют для вырубания узких (до 10 мм) канавок, например, шпоночной канавки на конце вала электродвигателя.

Бородки (рис. 3, г) изготавливают из углеродистых сталей У7А, 8ХФ и других и используют для пробивания небольших

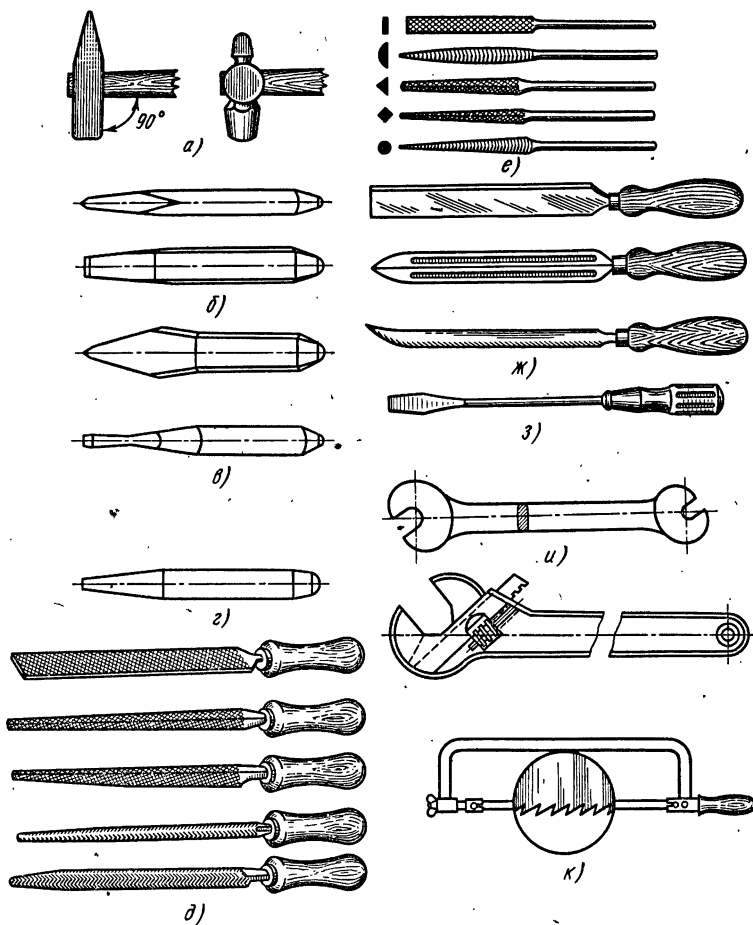


Рис. 3. Набор основного слесарного инструмента:

а — молотки (с квадратным и круглым бойком), *б* — зубило, *в* — крейцмейсель, *г* — бородок, *д* — напильники (плоский, квадратный, трехгранный, круглый и полукруглый), *е* — надфили, *ж* — шаберы (плоский, составной, трехгранный), *з* — отвертка, *и* — гаечные ключи (одноразмерный и разводной), *к* — ножовка по металлу

(до 5 мм) отверстий в тонких (до 3 мм) листах стали, а также при необходимости совмещения отверстий в деталях, соединяемых болтами или заклепками, и для выбивания из отверстий забракованных заклепок и штифтов.

Напильники (рис. 3, *д*) изготавливают длиной 100—400 мм из углеродистых сталей У13, У13А, а также из легированной

хромистой стали ШХ15. Напильники для общеслесарных работ по числу насечек (нарезок) на 1 см длины делятся на шесть номеров: 0, 1, 2, 3, 4 и 5. Напильники с насечкой № 0 и 1 (драчевые) применяют при грубой обработке поверхностей, с насечкой № 2 (личные) — для чистового опилования изделий, при котором снимаемый слой металла не превышает 0,1—0,3 мм, а с насечкой № 3, 4 и 5 («бархатные») — для снятия слоя металла, не превышающего 0,025—0,05 мм, и окончательной отделки деталей, требующих высокой точности обработки поверхности.

По форме поперечного сечения напильники делят на шесть групп: плоские, квадратные, трехгранные, круглые, полукруглые и ромбические. Кроме того, выпускают напильники специального назначения. Различают ручные и машинные напильники.

При ремонте электрооборудования применяют преимущественно плоские, трехгранные, полукруглые и круглые напильники. Опиливание небольших поверхностей, требующих повышенной чистоты обработки, производят маленькими напильниками — *надфилями* (рис. 3, е).

Шаберы (рис. 3, ж), изготавливаемые из углеродистой инструментальной стали У10А и У12А с последующей закалкой, представляют собой различной длины металлические стержни с острой рабочей (режущей) частью плоской, фасонной или трехгранной формы. Используют их в основном для обработки поверхностей деталей путем соскабливания с них при каждом проходе тонкого (0,005—0,007 мм) слоя металла для обеспечения лучшей подгонки сопрягаемых деталей. Такую слесарную операцию называют шабрением. Шабрение деталей производят после чистовой обработки поверхности.

Отвертки (рис. 3, з) изготовляют из стали марки 3 с последующей закалкой рабочей части (лопатки) на длине 10—15 мм и применяют при разборке и сборке электрооборудования, детали и сборочные единицы которого соединены винтами или шурупами с прорезью (штицем) в головке.

Гаечные ключи (рис. 3, и) разделяют на одноразмерные (односторонние и двусторонние), разводные и специальные. К последним относят торцевые ключи, имеющие прямую или изогнутую форму. Гаечные ключи используют для заворачивания и отвертывания гаек и болтов при разборке и сборке деталей и сборочных единиц ремонтируемого электрооборудования, имеющих болтовые соединения.

Ручные ножовки (рис. 3, к) применяют для разрезания толстолистового и профильного металла, а также для прорезания шлицев, пазов, обрезки и вырезки заготовок. Ножовка состоит из станка (рамки) с рукояткой и натяжного винта с барашковой гайкой. Станки ножовок бывают цельными, но чаще всего раздвижными, допускающими установку в них

ножовочных полотен различной длины. Ножовочное полотно представляет собой тонкую (0,65 или 0,8 мм) и узкую (12 или 16 мм) стальную пластину (из стали У10А, Р9) с двумя отверстиями или штифтами на концах, служащими для закрепления полотна в станке. Ножовочное полотно на одном из ребер снабжено зубьями, являющимися режущей частью ножовки. Зубья полотна ножовки (на рисунке они показаны с увеличением) разведены, чтобы при разрезании металла ширина разреза была несколько больше толщины полотна ножовки во избежание заклинивания полотна в образовавшемся разрезе.

Металлорежущий инструмент. Для выполнения многих слесарных операций ремонта электрооборудования используют различный металлорежущий инструмент и в первую очередь сверла, зенкеры, развертки, метчики и плашки.

Сверла (рис. 4, а) изготавливают из инструментальных углеродистых, легированных, хромистых и быстрорежущих сталей и применяют для получения мелких, глубоких и сквозных отверстий невысокой степени точности и невысокого класса шероховатости, а также под зенкерование, развертывание и нарезание резьбы.

По конструкции сверла делятся на спиральные с хвостовиками цилиндрической или конической формы и перовые. Спиральные сверла с цилиндрическими хвостовиками изготавливают диаметром до 20 мм, а с коническими — от 6 до 80 мм. В зависимости от направления винтовых канавок спиральные сверла подразделяют на правые (канавка направлена по винтовой линии с подъемом слева направо, а движение сверла во время работы против часовой стрелки) и левые (канавка направлена по винтовой линии с подъемом справа налево, а движение сверла по часовой стрелке). Применяют преимущественно перовые сверла с коническими хвостовиками.

Перовые сверла изготавливают из инструментальной углеродистой стали У10А, У12А, а спиральные также из легированной стали 9Х и быстрорежущей Р9 и Р18. Наиболее распространены спиральные сверла из быстрорежущей стали. В настоящее время для изготовления сверл используют металлокерамические твердые сплавы ВК6 и ВК8.

Зенкеры (рис. 4, б) по конструкции бывают трех типов: цельные, насадные и с вставными ножами. Цельные зенкеры с коническим хвостовиком имеют три или четыре режущие кромки и применяются для обработки отверстий от 10 до 40 мм. Насадные зенкеры используют при необходимости обработки отверстий диаметром 32 мм и выше. Соединение насадного зенкера с оправкой осуществляется с помощью выступа на оправке и выреза на торце зенкера. Крепление зенкеров в шпинделе станка аналогично креплению сверл.

Развертки (рис. 4, в) служат для чистовой обработки про-
сверленных отверстий, обеспечивающей высокую точность и ма-

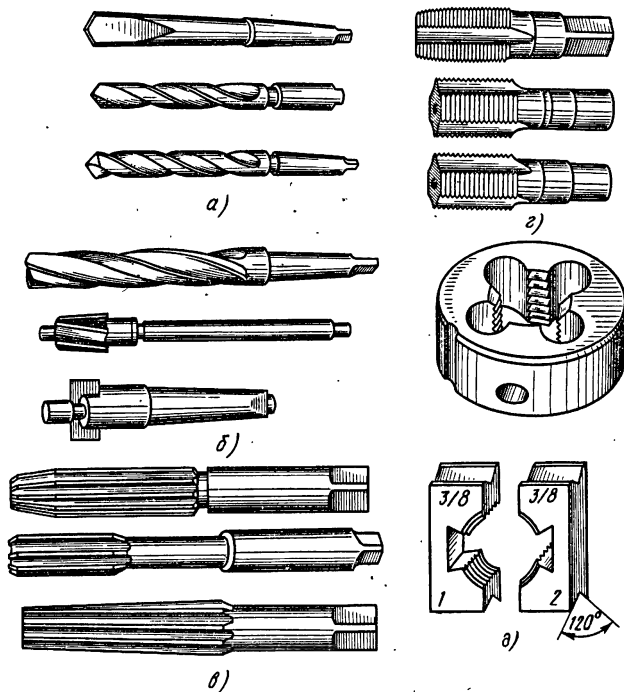


Рис. 4. Набор металлорежущего инструмента:

а — сверла (перовое и спиральные), *б* — зенкеры (цельный, насадной и с вставным ножом), *в* — развертки (ручная цилиндрическая, машинная цилиндрическая и конусная), *г* — метчики, *д* — плашки (круглая цельная и квадратная раздвижная)

лую шероховатость поверхности. Эта слесарная операция, называемая развертыванием, выполняется вручную или на станках (сверлильном, токарном).

Развертки, используемые для ручного развертывания отверстий, называют ручными, а для станочного развертывания — машинными. Ручные развертки отличаются от машинных более удлиненной рабочей частью. Ручные и машинные развертки состоят из рабочей части, шейки и хвостовика. Рабочая часть содержит режущую (заборную) и калибрующую части. Режущая часть снимает стружку с припуска на развертывание, а калибрующая — направляет развертку во время работы и калибрует отверстие. По направлению винтовых канавок развертки делятся на правые и левые. Их выполняют с прямыми и винтовыми (спиральными) канавками. Развертки изготовляют комплектами из двух или трех штук. В комплекте из двух штук одна развертка — предварительная, дру-

гая — чистовая, в комплекте из трех штук первая развертка черновая (обдирочная), вторая — получистовая и третья чистовая, придающая отверстию требуемые размеры и шероховатость.

Ручная развертка вращается с помощью воротка, надеваемого на квадратный конец хвостовика развертки, а машинная — с помощью шпинделя станка.

Метчики (рис. 4, з) используют для нарезания резьбы внутри цилиндрических отверстий. Различают метчики ручные, машинные и машинно-ручные. Метчик состоит из рабочей части и хвостовика, а рабочая часть содержит заборную (режущую) и калибрующую части. Заборная часть метчика нарезает резьбу, а калибрующая — направляет метчик в нарезаемое отверстие и одновременно его калибрует. Хвостовик метчика, заканчивающийся квадратом, служит для его удержания в воротке, без квадрата — для закрепления в патроне.

Метчики выпускают комплектами из двух или трех штук. В комплект из двух штук входят черновой и чистовой метчики, а в комплект из трех штук — дополнительный (средний) метчик. Различают метчики по круговым рискам (кольцам) на их хвостовиках: черновой метчик имеет одну кольцевую риску, средний — две, чистовой — три. Эти риски указывают также и последовательность их применения при нарезании резьбы.

Ручные метчики для метрической и дюймовой резьбы выпускают в комплекте из двух штук для резьбы с шагом до 3 мм включительно и из трех штук — для резьбы с шагом более 3 мм.

Плашки (рис. 4, д) служат для нарезания наружной резьбы на цилиндрических стержнях и по конструкции бывают круглые, разрезные и раздвижные. Круглые плашки (лерки) могут быть цельными и разрезными. Для нарезания резьбы круглой плашкой вручную ее закрепляют в специальном воротке. Разрезные (пружинящие) плашки отличаются от цельных небольшой (0,5—1,5 мм) прорезью, позволяющей регулировать диаметр нарезаемой резьбы в пределах 0,1—0,25 мм.

Раздвижные (призматические) плашки состоят из двух половинок (полуплашек), на каждой из которых указаны размер нарезаемой резьбы и выбиты цифры 1 и 2, показывающие порядок правильного их закрепления в приспособлении (клубпе). Клубп состоит из косой рамки, двух рукояток и зажимного винта. На поверхности внутри рамки клубпа имеются угловые выступы, а на плашках — соответствующие этим выступам канавки (пазы), которыми плашки устанавливаются в выступах рамки клубпа и закрепляются зажимным винтом. Раздвижные плашки изготовляют для метрической резьбы диаметром от М6 до М52, для дюймовой — от $\frac{1}{4}$ до 2" и для трубной — от $\frac{1}{8}$ до $\frac{3}{4}$ ".

Измерительный инструмент. Изготовление и обработка заготовок и деталей для ремонтируемого электрооборудования требуют соблюдения определенной точности ряда размеров,

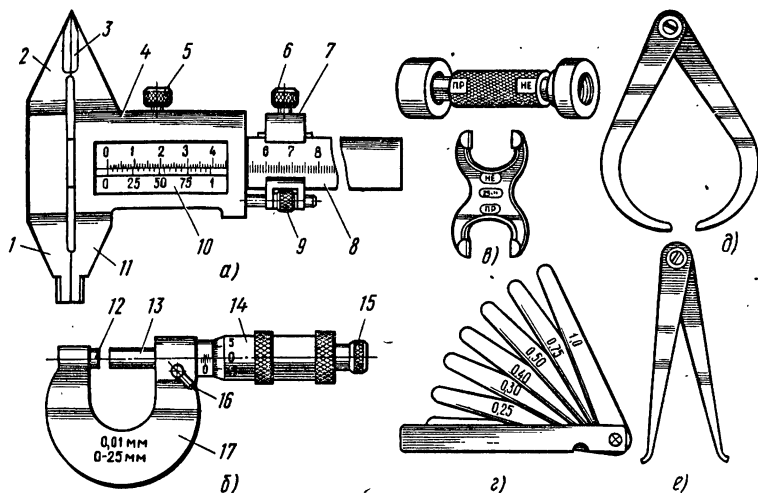


Рис. 5. Измерительные слесарные инструменты:

а — штангенциркуль, *б* — микрометр, *в* — двусторонние калибры (калибр-пробка и калибр-скоба), *г* — пластинчатые щупы, *д* — кронциркуль, *е* — нутромер; 1 и 2 — нижняя и верхняя неподвижные губки, 3 и 11 — верхняя и нижняя подвижные губки, 4 — рамка штангенциркуля, 5 и 6 — стопорные винты рамки с нониусом и микрометрического устройства, 7 — рамка микрометрического устройства, 8 — штанга, 9 — винт микрометрической подачи, 10 — нониус, 12 — пятка, 13 — микрометрический винт, 14 — барабан, 15 — трещотка, 16 — стопор, 17 — скоба

что достигается путем различных измерений с помощью измерительного инструмента. В ремонтной практике при разметке, обработке и изготовлении заготовок и деталей применяют главным образом штангенциркули, микрометры, калибры, щупы, кронциркули и нутромеры.

Штангенциркули (рис. 5, *а*) — наиболее распространенные универсальные измерительные инструменты, позволяющие с высокой степенью точности измерять различные внутренние и наружные размеры (диаметр, длину, толщину, глубину). На штанге 8 штангенциркуля имеется шкала миллиметрового деления, а на его подвижной рамке 4 — нониус 10, предназначенный для определения долей, т. е. дробной величины цены деления штанги. Величина отсчета по нониусу составляет 0,05 мм, поэтому штангенциркуль можно считать инструментом высокой точности измерений. Штангенциркуль имеет две пары губок, из которых нижняя пара (1 и 11) служит для измерения внутренних размеров, а верхняя пара (2 и 3) — наружных размеров. При измерении внутренних размеров следует к числу миллиметров, отсчитанных на шкале штанги, прибавить толщину нижних губок, указанную на одной из них. Чтобы

повысить точность отсчета, подвижную рамку устанавливают относительно штанги с помощью механизма микрометрической подачи.

Микрометры служат для измерения линейных размеров контактным способом с точностью до 0,01 мм. Микрометр МК (рис. 5, б) выпускается промышленностью с пределами измерений от 0 до 600 мм. Существуют микрометры для измерений листов и лент (МЛ), толщины стенок труб (МТ), зубомерные (МЗ), резьбомерные (МВТ) для измерения метрических и дюймовых резьб.

Калибры (рис. 5, в) — это бесшкальные измерительные инструменты, с помощью которых можно устанавливать пределы отклонений различных размеров, например внутренних и наружных диаметров, высоты и длины деталей, расстояний между центрами отверстий и др. С помощью калибров определяют не числовое значение измеряемых величин, а правильность действительных размеров, ограниченных предельными отклонениями, т. е. годность проверяемой детали. При ремонте электрооборудования годность ремонтируемых, вновь изготавливаемых и готовых деталей проверяют в ряде случаев с помощью калибра-скобы и калибра-пробки.

Калибры-скобы применяют, например, для проверки диаметров валов, изготавливаемых для ремонтируемых электрических машин. Они состоят из двух частей: проходной (ПР), выполняемой по наибольшему предельному размеру и свободно находящей на вал, и непроходной (НЕ), изготавливаемой по наименьшему предельному размеру вала и поэтому не находящей на него.

Калибры-пробки используют для контроля диаметров отверстий в ремонтируемом электрооборудовании, а также в изготавливаемых для него деталях. Номинальным размером проходной стороны (ПР) калибра-пробки является наименьший предельный размер отверстия, а непроходной стороны (НЕ) — наибольший предельный размер отверстия. При контроле диаметра отверстия проходная сторона пробки должна проходить в отверстие под легким усилием, а непроходная сторона не должна в него входить. Проходную и непроходную стороны калибра-пробки можно легко различить: проходная сторона длиннее непроходной.

Шуры (рис. 5, г) состоят из набора тонких стальных пластин и служат для измерения зазоров между сопрягаемыми поверхностями. Для измерения небольших (до 1,5 мм) зазоров применяют шуры с пластинами толщиной от 0,05 до 1 мм, для больших — специальные шуры.

Кронциркули (рис. 5, д) используют для сравнения диаметров деталей и других размеров с размерами, взятыми по масштабной линейке, концевым мерам или калибру, а *нутромеры* (рис. 5, е) — для измерения внутренних линейных размеров. Нутромеры имеют и другое название — *штихмас*.

При ремонте электрооборудования в электроцехах крупных предприятий и на электроремонтных заводах для выполнения слесарных работ кроме инструментов, рассмотренных выше, широко применяются металлообрабатывающие станки (сверлильные, фрезерные, строгальные, шлифовальные и др.); электрифицированные инструменты различного назначения, сложные измерительные инструменты, в том числе индикаторы, индикаторные нутромеры и др.

При использовании в ремонтной практике станков, механизмов и точных измерительных приборов обеспечивается большая эффективность труда электрослесаря, а также достигаются минимальные допуски и высокие классы шероховатости обрабатываемых деталей.

§ 3. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ДОПУСКАХ, ПОСАДКАХ И ШЕРОХОВАТОСТИ

В современном производстве, базирующемся на широком кооперировании и поточных методах сборки, взаимозаменяемость деталей и сборочных единиц имеет особое значение.

Под взаимозаменяемостью понимают возможность устанавливать или заменять детали и сборочные единицы в процессе сборки без предварительной подгонки и при сохранении всех предъявляемых к ним требований. Взаимозаменяемость деталей и сборочных единиц возможна только тогда, когда они одинаковы и равноценны по размерам, формам и прочностным, а также по их химическим, электрическим и другим свойствам.

На электроремонтных заводах и в электроцехах взаимозаменяемость позволяет вместо вышедших из строя деталей и сборочных единиц устанавливать имеющиеся в наличии аналогичные им по устройству, назначению и техническим параметрам. Взаимозаменяемость основана на рациональной системе допусков размеров.

Размеры деталей и сборочных единиц не могут быть идеально точными, т. е. без отклонений, поэтому для каждой сопрягаемой поверхности заранее устанавливают границы, определяемые двумя предельными размерами: наибольшим допустимым ($D_{\text{нб}}$ или $d_{\text{нб}}$) и наименьшим допустимым ($D_{\text{нм}}$ или $d_{\text{нм}}$). Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами называется *допуском* и обозначается (по СТ СЭВ 145-75) IT : $IT = D_{\text{нб}} - D_{\text{нм}}$ (для отверстия); $IT = d_{\text{нб}} - d_{\text{нм}}$ (для вала). Верхнее предельное отклонение (ES — для отверстия, es — для вала) определяется как разность между наибольшим предельным ($D_{\text{нб}}$; $d_{\text{нб}}$) и номинальным ($D_{\text{н}}$; $d_{\text{н}}$) размерами: $ES = D_{\text{нб}} - D_{\text{н}}$; $es = d_{\text{нб}} - d_{\text{н}}$. Нижнее предельное отклонение (EI ; ei) находится как разность между наименьшим предельным и номинальным размерами: $EI = D_{\text{нм}} - D_{\text{н}}$; $ei = d_{\text{нм}} - d_{\text{н}}$.

Допуск имеет и второе определение — это разность между верхним и нижним отклонениями размера: $IT = ES - EI$ (для отверстия), $IT = es - ei$ (для вала).

Отклонение будет положительным, если размер больше номинального, и отрицательным, если меньше номинального.

Номинальным называется размер, относительно которого определяются предельные размеры и который служит также началом отсчета отклонений. Поэтому линия номинального размера является для отклонений нулевой и отклонения, расположенные выше нее, будут положительными, а расположенные ниже — отрицательными.

Соединение, при котором одни детали или сборочные единицы частично или полностью входят в другие, называется сопряжением. Сопрягаемые детали и сборочные единицы должны обладать необходимой степенью точности, определяемой качеством.

Квалитет — это разработанная квалиметрией* система допусков, соответствующих одинаковой степени точности для всех номинальных размеров. Допуск показывает неточность, с которой разрешается выполнить номинальный размер. Чтобы не разрабатывать квалитеты для каждого номинального размера, СТ СЭВ установлено деление всего диапазона размеров на интервалы; внутри каждого интервала для всех номинальных размеров оба предельные отклонения в данном квалитете являются одинаковыми. Диапазон размеров до 500 мм разделен на следующий ряд интервалов: до 0,1; 0,1—0,3; 0,3—1; 1—3; 3—6; 6—10; 10—14; 14—18; 18—30; 30—50; 50—80; 80—100; 100—180; 180—250; 250—315; 315—400; 400—500 мм. Например, интервал от 10 до 14 мм включает номинальные размеры 10,5; 11; 11,5; 12; 13; 14 мм, от 14 до 18 мм — 15; 16; 17; 18 мм.

Сопряжение двух деталей или сборочных единиц может быть подвижным или неподвижным. Характер их соединения определяется посадкой, которая обеспечивает в той или иной мере свободу относительного перемещения вставленных одна в другую деталей или плотность их неподвижного соединения.

Одна из соприкасающихся поверхностей соединяемой детали называется охватывающей, а ее размер — охватывающим, другая поверхность — охватываемой, ее размер — охватываемым. Для круглых тел охватывающую поверхность называют «отверстием», а охватываемую — «валом».

Посадки в системе «отверстие — вал» могут быть с зазором или натягом. Зазор определяется как положительная разность между размерами отверстия и вала (размер отверстия больше размера вала). Он может быть наибольшим или наименьшим. *Наибольшим зазором* называют разность между наибольшим предельным размером отверстия и наименьшим

* Квалиметрия — научное направление, объединяющее количественные методы оценки качества. Одной из основных задач квалиметрии является обоснование номенклатуры показателей качества и разработка методов их определения.

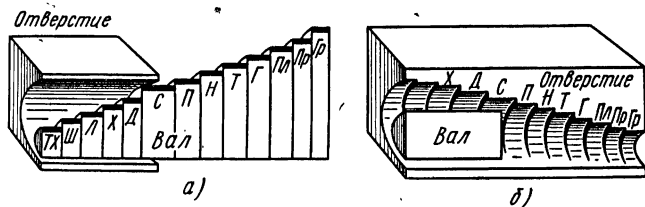


Рис. 6. Схемы распределения посадок в системе отверстия (а) и вала (б)

предельным размером вала, а наименьшим зазором — разность между наименьшим предельным размером отверстия и наибольшим предельным размером вала.

Натяг определяется как отрицательная разность между диаметрами отверстия и вала до сборки деталей, создающая после сборки неподвижное соединение. Натяг может быть наибольшим или наименьшим. *Наибольшим натягом* называют разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами вала и отверстия, а *наименьшим натягом* — разность между наименьшим и наибольшим предельными размерами вала и отверстия. Схемы распределения посадок в системе «отверстие — вал» показаны на рис. 6, а, б.

Все посадки можно условно разбить на три основные группы: прессовые, переходные и подвижные.

Прессовые посадки предназначаются для неподвижных соединений без дополнительного их крепления винтами, штифтами или шпонками. К этой группе относят горячую (Гр), прессовую (Пр) и легкопрессовую (Пл) посадки. По натягу все прессовые посадки могут быть разделены на четыре группы: особо тяжелые, тяжелые, средние и легкие. Во всех перечисленных видах посадок обеспечен натяг. Особо тяжелые и тяжелые посадки служат главным образом для сборки с предварительным разогревом отверстия или охлаждением вала, а остальные рассчитаны преимущественно на холодную сборку под прессом.

Переходные посадки применяются для неподвижных соединений с дополнительным креплением их винтами, болтами, штифтами, шпонками и используются главным образом для центрирования сопрягаемых деталей. К этой группе относят глухую (Г), тугую (Т), напряженную (Н) и плотную (П) посадки.

Подвижные посадки служат для соединений, в которых необходим гарантированный зазор. К этой группе относят скользящую (С), движения (Д), ходовую (Х), легкоходовую (Л), широкоходовую (Ш) и теплоходовую (ТХ) посадки.

Схема полей допусков и посадок для отверстий и валов показана на рис. 7. Поля допусков и посадок обозначают одной или двумя буквами латинского алфавита (прописными —

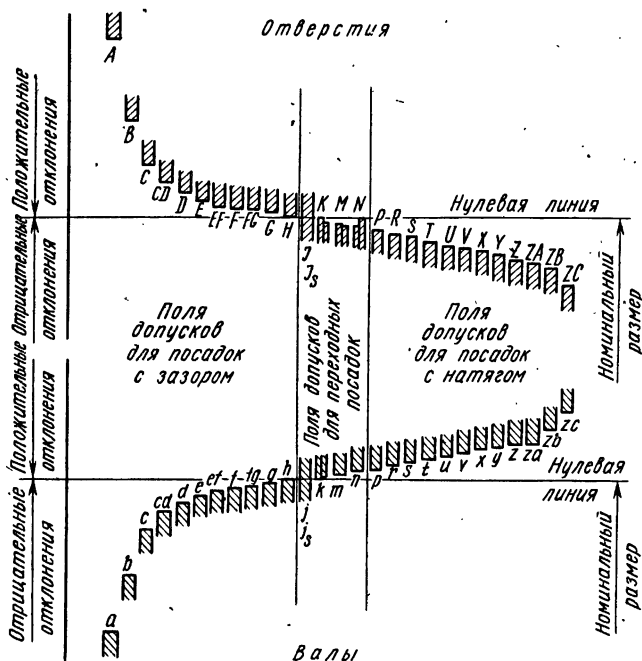


Рис. 7. Схема расположения полей допусков и посадок для отверстий и валов в системе СТ СЭВ

для отверстия, строчными — для вала). На схеме поле допуска ограничено горизонтальной линией со стороны основного отклонения, ближайшего к нулевой линии. Основное отклонение поля допуска данного обозначения одинаково для всех квалитетов (за исключением полей K , M , H , k). Размер поля допуска возрастает с увеличением номера квалитета и интервала размеров.

Посадки применяют преимущественно в системе отверстия, в системе вала — только при наличии определенных соображений конструктивного или технологического характера.

Поле допуска основного отверстия обозначено на рисунке буквой H ; поля допусков отверстий, обозначенные остальными буквами, определяют отклонения посадочных деталей в системе вала. Поле допуска основного вала указано на схеме буквой h ; поля допусков валов, обозначенные остальными буквами, определяют отклонения посадочных валов в системе отверстия.

Поля допусков отверстий от A до H и валов от a до h предназначены для посадок с зазором соответственно в систе-

ме вала или в системе отверстий; поля допусков отверстий J, J_s, K, M, H и валов j, j_s, k, m, n — для переходных посадок, поля допусков отверстий от P до ZC и валов от p до zc — для посадок с натягом.

Каждая посадка характеризуется допуском. Допуском посадки (обозначаемым буквой Δ) называют сумму допусков отверстия и вала, составляющих соединение: $\Delta = IT_o + IT_a$. Номинальный размер, для которого указывается поле допуска, выражается в миллиметрах, за ним ставится буква (или две буквы), определяющая положение поля допуска относительно нулевой линии, а затем цифра (или две цифры), обозначающая квалитет.

К обрабатываемым деталям предъявляется ряд требований, в том числе и необходимого качества обработки их поверхности, что в первую очередь определяется их шероховатостью.

Даже при тщательной обработке деталей на их поверхности сохраняются неровности в виде чередующихся микроскопических выступов («гребешков») и впадин. Совокупность этих неровностей, образованных при обработке на определенной (базовой) длине поверхности детали, называют шероховатостью. На чертежах шероховатость поверхностей указывают числовыми значениями одного или нескольких параметров над следующим знаком, обозначающим: ∇ — поверхность, образованную удалением слоя материала механической (точением, строганием), химической (травлением) или другой обработкой; $\surd$ — поверхность, образованную без удаления слоя материала (литьем, ковкой, волочением и др.); $\checkmark$ — поверхности, метод обработки которых не устанавливается. Поверхность с ненормируемой шероховатостью не обозначается вообще. Обозначения шероховатости поверхности показаны на рис. 8.

Если необходимо указать, что поверхность требуемого качества можно получить только обработкой, вид обработки показывают справа от знака (рис. 8, а), в других случаях вид обработки не указывают (рис. 8, б). На рис. 8, в показано расположение у знака 3 шероховатости поверхности ее вида обработки *ВОП* (или другие дополнительные указания), параметров шероховатости *ПШ*, базовой длины *БД* и направления шероховатости *НШ*.

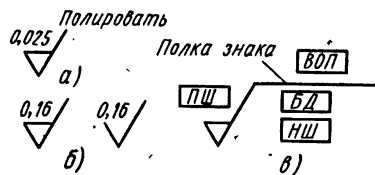


Рис. 8. Обозначение шероховатости обрабатываемой поверхности (а–в)

§ 4. ТЕХНИКА ИЗМЕРЕНИЙ

Измерение — нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. Измерение заключается в сравнении измеряемой величины

(например, длины вала, диаметра отверстия подшипника) с величиной, принятой за единицу. Средства и методы измерений, а также применяемые единицы определяются наукой, называемой метрологией. Измерения производят как в процессе, так и по окончании изготовления деталей и сборки их в сборочные единицы.

При выборе измерительных средств для определения требуемых параметров пользуются метрологическими показателями. В ремонтной практике путем различных измерений с помощью измерительных приборов определяют наиболее важные параметры изготавливаемых деталей и сборочных единиц: линейные размеры — диаметры и длины; отклонения от правильной геометрической формы — овальность, непараллельность; состояние обработанных поверхностей — шероховатость и др. Краткие описания способов и приемов выполнения ряда несложных измерений с помощью наиболее распространенных измерительных инструментов — угольника, штангенциркуля, штангенглубиномера, штангенрейсмаса, кронциркуля и нутромера — приведены ниже.

Угольник служит для проверки наружных и внутренних прямых углов. При проверке наружного угла накладывают угольник на деталь внутренней частью, а при проверке внутреннего угла — наружной частью (рис. 9). Наложив угольник одной стороной на проверяемую деталь и слегка прижимая его к ней, совмещают другую сторону угольника с обраба-

Рис. 9. Проверка углов обрабатываемой детали

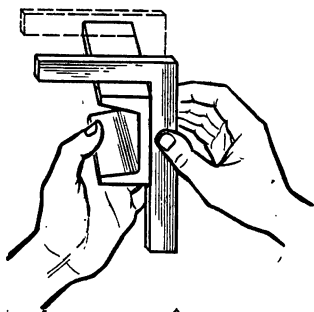
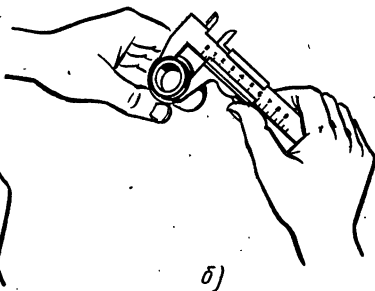


Рис. 10. Приемы измерения штангенциркулем диаметров обрабатываемых деталей:

а — внешнего, б — узкой канавки



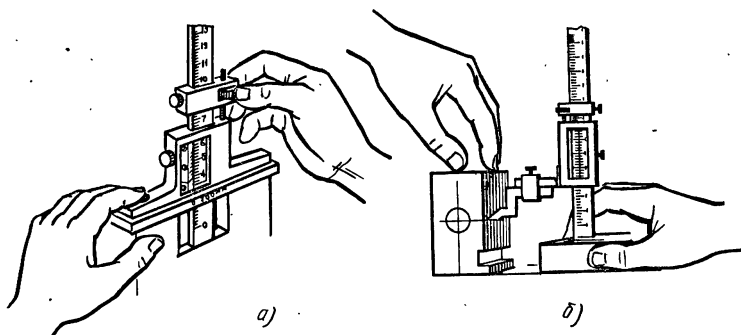


Рис. 11. Измерение глубины штангенглубиномером (а) и разметка детали штангенрейсмасом (б)

тываемой стороной детали и по образовавшемуся между ними просвету судят о правильности прямого угла.

Штангенциркулем (см. рис. 5, а) определяют внешние и внутренние размеры обрабатываемых деталей. Прием измерения внешнего диаметра обрабатываемой детали плоскими поверхностями губок штангенциркуля показан на рис. 10, а, диаметра узкой канавки детали — на рис. 10, б. Разновидностью штанген-инструмента являются штангенглубиномер и штангенрейсмас. Штангенглубиномер служит для измерения глубины сквозных отверстий, пазов, выступов, уступов и канавок, а штангенрейсмас — для измерения высоты деталей и выполнения разметки. К штангенрейсмасу обычно прилагаются сменные ножки и ножки-шпильки, с помощью которых производят разметку, а также необходимые измерения высот на специальных разметочных плитах. Прием пользования штангенглубиномером показан на рис. 11, а, а штангенрейсмасом — на рис. 11, б.

Приемы измерений кронциркулем и нутромером показаны на рис. 12, а — в. При измерении детали кронциркулем или нутромером берут инструмент правой рукой за шарнирную часть и разводят его ножки на расстояние, приблизительно соответствующее измеряемому размеру. Затем несколькими легкими ударами сближают или разводят ножки инструмента так, чтобы они своими концами (губками) прикасались к поверхности измеряемой детали без качки и просвета. Во избежание ошибок при измерении следует измерительный инструмент держать строго перпендикулярно оси измеряемой детали. Приемы измерения диаметра вала кронциркулем показаны на рис. 12, а; кронциркулем прямоугольной детали и нутромером внутреннего диаметра подшипника скольжения — на рис. 12, б.

После снятия размера с детали измерительный инструмент осторожно прикладывают к масштабной линейке так, чтобы одна ножка инструмента при измерении кронциркулем упира-

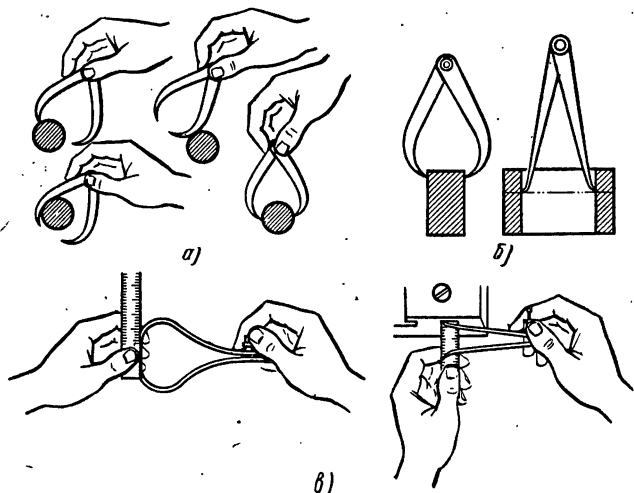


Рис. 12. Приемы измерений кронциркулем и нутромером:
 а — установка кронциркуля на размер детали, б — измерение деталей кронциркулем и нутромером, в — определение размера кронциркулем и нутромером по масштабной линейке

лась в торец линейки, а при измерении нутромером — была строго на одном уровне с торцом или делением линейки (рис. 12, в). Слегка придерживая эту ножку мизинцем левой руки (для предотвращения ее смещения), накладывают вторую ножку на соответствующее деление линейки и отсчитывают полученный размер.

Наряду с обыкновенными кронциркулями и нутромерами (см. рис. 5, д, е) применяют также более совершенные и удобные в работе пружинные кронциркули и нутромеры, преимущество которых состоит в том, что их ножки расходятся под воздействием имеющейся пружины и устанавливаются на требуемый размер с помощью установочного винта и гайки. При использовании этих инструментов исключается возможность смещения их ножек, а следовательно, и искажение взятого размера. Измерительные инструменты широко применяются при разметочных работах.

§ 5. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О РАЗМЕТОЧНЫХ РАБОТАХ

Разметка — операция нанесения на поверхность материала, заготовки или обрабатываемой детали точек и рисок (линий), указывающих контуры поверхностей, подлежащих обработке, а также осевых и вспомогательных линий и центровых знаков для выверки заготовок и деталей при установке их на станках.

Различают плоскостную разметку, выполняемую на поверхности плоских материалов, заготовок и деталей, и пространственную — осуществляемую на материалах, заготовках и деталях, плоскости которых расположены по отношению друг к другу под разными углами.

Разметочные работы производят преимущественно на разметочных плитах с помощью измерительных и разметочных инструментов, а также различных приспособлений, облегчающих разметку сложных заготовок и деталей. При ремонте трансформаторов, электрических машин и коммутационных аппаратов простые разметочные работы выполняют чаще всего с помощью чертилок, рейсмасов и кернеров.

Чертилка представляет собой стальной стержень длиной 250—300 мм с остро отточенными концами, один из которых загнут под прямым углом. Средняя часть чертилки имеет накатку, наличие которой позволяет прочно удерживать ее в руках во время разметки. Чертилку используют для нанесения (по линейке, угольнику или шаблону) на поверхность материала, заготовок и деталей разметочных линий, называемых *рисками*. Наносимые чертилкой риски должны быть предельно четкими и тонкими, поэтому перед началом разметки острие чертилки необходимо хорошо отточить и периодически затачивать во время работы. Прием нанесения разметочной риски, правильное и неправильное положения чертилки показаны на рис. 13, а, б.

Чертилка является простым инструментом, применяемым при несложных видах разметки. Более совершенный и удобный в работе разметочный инструмент — рейсмас (рис. 14, а), состоящий из чугунного основания 1, шарнирно укрепленной на нем стойки 2, с иглой-чертилкой 3, установочного винта 4 (для подводки иглы на точную установку) и штифта 5. Способы использования рейсмаса при разметке различных деталей показаны на рис. 14, б. Для выполнения разметочных работ применяют и штангенциркули. На рис. 15, а, б показаны приемы разметки плоской и круглой деталей при помощи штангенциркуля. При необходимости выполнения сложной разметки с вычерчиванием большого числа окружностей используют специальный разметочный штангенциркуль, состоящий из штанги с миллиметровыми делениями и двух ножек (неподвижной и подвижной с нониусом). Ножки, укрепляемые в требуемом положении стопорными винтами, имеют вставные

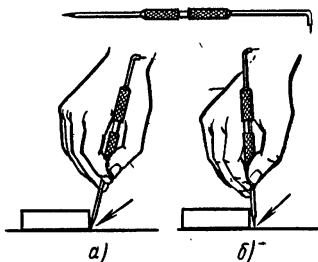


Рис. 13. Приемы нанесения чертилкой разметочных рисок:

а — правильное положение чертилки, б — неправильное

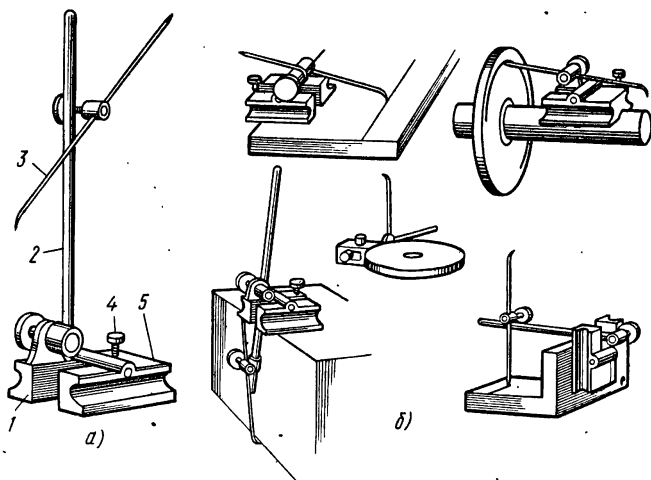


Рис. 14. Общий вид рейсмаса (а) и применение его для разметки различных деталей (б)

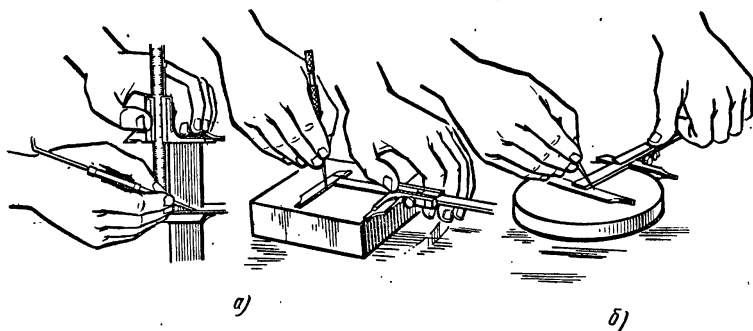


Рис. 15. Разметка штангенциркулем:

а — с нанесением рисок на плоскую деталь, б — центра круглой детали

иглы, которые можно легко перемещать вверх или вниз, что очень удобно при необходимости описания окружностей разных диаметров и на различных уровнях.

Перед разметкой заготовку (деталь) внимательно осматривают, проверяя отсутствие на ее поверхностях дефектов в виде пузырей, раковин или трещин, правильность ее размеров, наличие требуемых припусков. При удовлетворительных результатах проверки поверхность, намеченную к разметке, тщательно очищают и окрашивают, чтобы наносимые на нее разметочные риски были отчетливо видны при обработке. Необработанные и грубообработанные поверхности окрашивают густо

разведенным в воде мелом с добавлением сиккатива, чисто обработанные — раствором медного купороса.

Разметочные риски наносят на окрашенную поверхность заготовок и деталей в такой последовательности: сначала проводят все горизонтальные риски, затем вертикальные, после чего наклонные и, наконец, окружности, дуги и полудуги. Разметочные риски могут быть затерты руками настолько, что перестанут быть хорошо заметными, поэтому по разметочным рискам набивают небольшие углубления, чтобы центр углубления был расположен на линии, а само углубление разделялось риской пополам. Эта разметочная операция, называемая кернением, выполняется кернером.

Кернеры бывают простые, пружинные и электрические. При ремонте электрооборудования кернение разметочных рисок производят преимущественно простым кернером, представляющим собой стальной стержень длиной 80—150 мм и диаметром 10—15 мм, один конец которого имеет коническую заточку с острием, а средняя часть — накатку для прочного удержания кернера в руках. Пружинные кернеры более удобны в работе и применяются при больших объемах разметочных работ. Пружинный кернер и приемы кернения рисок на размечаемой поверхности показаны на рис. 16.

Кернение разметочных рисок производят в такой последовательности: берут кернер (рис. 16, а) левой рукой и с наклоном от себя, чтобы легко было различать разметочные риски, прижимают острым концом к риске (рис. 16, б); при этом острие керна должно точно совпадать с риской. Затем переводят кернер из наклонного положения в вертикальное (рис. 16, в) и, фиксируя его в этом положении упором мизинца левой руки в деталь (рис. 16, г), наносят молотком удар по головке кернера, образуя таким образом углубления (лунки) на разметочных рисках. Расстояние между керновыми углубле-

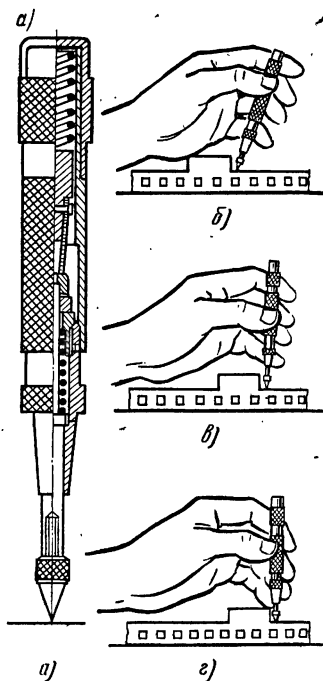


Рис. 16. Приемы кернения разметочных рисок пружинным кернером (а), установка кернера на разметочную риску (б), перевод кернера в вертикальное положение (в), фиксирование кернера в рабочем положении при нанесении удара по нему (г)

ниями определяют в зависимости от конфигурации размечаемой детали и требуемой точности разметки. При разметке простых деталей, не требующих особой точности обработки, керновые углубления располагают на разметочных рисках на расстоянии от 5 до 15 мм друг от друга.

Разметочные работы должны выполняться очень внимательно и предельно точно во избежание появления брака по вине электрослесаря вследствие ошибочного чтения чертежа, небрежного нанесения рисок и керновых углублений или неправильной (без предварительной выверки) установки размечаемой детали.

§ 6. РУБКА, ПРАВКА И ГИБКА МЕТАЛЛА

Рубка — слесарная операция холодной обработки металла резанием с помощью ударных (молоток) и режущих (зубило, крейцмейсель) инструментов. Рубку выполняют в тисках или на плите.

Хрупкие металлы (чугун, бронзу) рубят от края к середине заготовки во избежание откалывания ее края. При рубке вязких металлов (медь, латунь) режущую кромку зубила следует периодически смазывать мыльной эмульсией или трансформаторным маслом. Чтобы быстро и качественно выполнять операции рубки, надо пользоваться только исправным и правильно заточенным режущим инструментом. Заточку режущего инструмента производят на точилах или универсально-заточных станках, а правильность углов заточки проверяют с помощью шаблонов, представляющих собой стальные пластинки с угловыми вырезами.

Операцию рубки необходимо выполнять в защитных очках, а при ее осуществлении в тисках — применять защитные экраны (сетки, щитки) во избежание нанесения травм другим работающим, находящимся вблизи. Чтобы предотвратить быструю утомляемость и травмирование рук при рубке металла, электрослесарь должен устойчиво стоять вполоборота слева от тисков (рис. 17, а), а молоток и зубило держать так, как показано на рис. 17, б.

Ручную рубку тонкого (до 3 мм) металла в тисках производят, приставляя зубило к линии отреза металла, расположенной на уровне губок тисков, а рубку широкого металла — в два приема: вначале прорубают крейцмейселем канавки (рис. 18, а), затем срезают образовавшиеся выступы зубилом (рис. 18, б).

Рубка — трудоемкая и тяжелая операция, требующая больших физических напряжений, поэтому при необходимости выполнения большого объема работ по рубке пользуются средствами механизации, например, пневматическими или электрическими рубильными молотками.

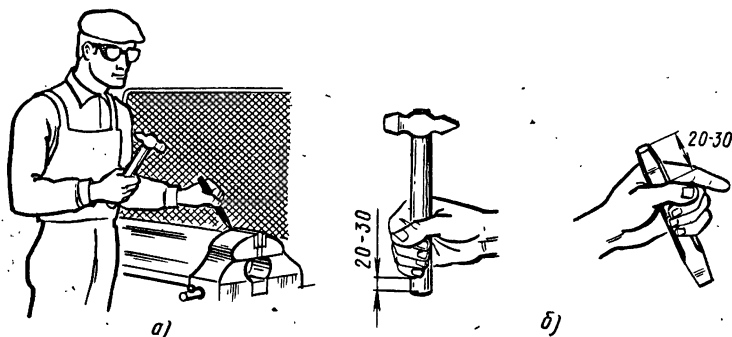


Рис. 17. Рубка металла:

а — положение рабочего у тисков, *б* — приемы правильного держания молотка и зубила при рубке

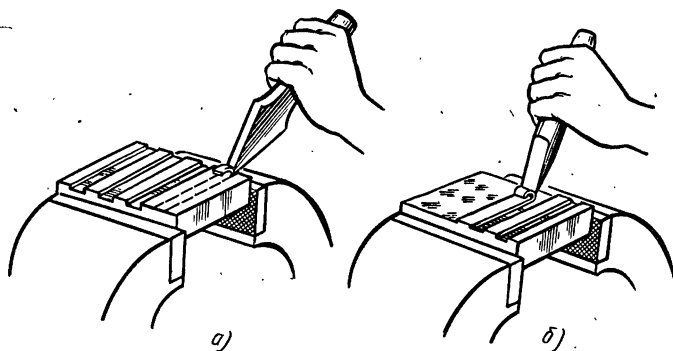


Рис. 18. Рубка широкого металла в тисках:

а — канавок крестцеиселем, *б* — выступов («ребешков») зубилом

Правка — слесарная операция по устранению вмятин, коробления и кривизны в листовом и полосовом металле, а также в заготовках и готовых деталях. Правка может выполняться ручным или машинным способом. Ручная правка осуществляется молотком с круглым, а не квадратным бойком, оставляющим при ударах своими углами глубокие забоины на поверхности металла. Поверхность круглого бойка молотка должна быть хорошо отшлифована, удары следует наносить только выпуклой частью бойка.

Правку тонких изделий из стали, цветных металлов и сплавов, а также деталей с обработанной поверхностью производят молотками из мягких металлов (меди, свинца) или из древесины деревьев твердых пород. Правку обработанных

поверхностей можно выполнять и обычным слесарным молотком, но при этом на выпрямляемое изделие накладывают прокладку из мягкого металла и по ней наносят удары молотком.

Правке не подлежат чугунные заготовки и детали, так как даже при сравнительно слабых ударах в них могут появиться трещины, а при сильных ударах они могут быть частично или полностью разрушены.

Гибкой называют слесарную операцию, в результате которой металлической заготовке или детали придается изогнутая форма требуемого контура. Во время гибки на соответствующий участок заготовки одновременно действуют растягивающие и сжимающие усилия: внешние слои металлозаготовки, расположенные снаружи сгибаемых углов, будут растягиваться и волокна металла удлинятся; внутренние слои, расположенные внутри сгибаемых углов, — сжиматься и волокна металла укорачиваться; средние слои металла, находящиеся на нейтральной линии изгибаемого участка, не будут подвергаться деформирующим воздействиям и поэтому сохраняют свою первоначальную структуру почти неизменной.

Гибку металла при малых радиусах следует производить с учетом возможности разрыва наружного слоя в месте изгиба из-за недопустимого для данного металла удлинения волокон.

Для облегчения операций гибки материалов и заготовок из металла большой толщины изгибаемый участок предварительно нагревают пламенем паяльной лампы или газовой горелки; требуемая температура нагрева зависит от вида металла (сталь, медь, алюминий) и должна быть не менее чем на 25% ниже температуры плавления данного металла.

§ 7. РЕЗКА И ОПИЛИВАНИЕ МЕТАЛЛА

Резка — слесарная операция, выполняемая при надрезании, вырезании и разрезании на части металла и различных твердых материалов (текстолита, гетинакса и др.).

В ремонтной практике операции резки выполняют: вручную — с помощью ножниц по металлу и ножовок; машинным способом — гильотинными ножницами и на металлорежущих станках. Преимущественным способом резки металла и других твердых материалов является ручная резка ножовкой, при которой необходимо обратить особое внимание на правильное закрепление ножовочного полотна в станке, положение рук на рукоятке и станке ножовки, положение ножовки по отношению к разрезаемому материалу. Ножовочное полотно должно быть закреплено в станке так, чтобы оно не было натянуто слишком туго или слабо, зубья ножовочного полотна должны быть направлены «от себя», т. е. в сторону движения ножовки вперед. Правильные положения рук электро-слесаря на рукоятке и станке ножовки при резке показаны



Рис. 19. Приемы работы ножовкой при резке металла:
 а — положение правой руки на рукоятке, б — положение левой руки на станке

на рис. 19, а, б. Во время резки ножовку следует держать в горизонтальном положении; нормальная длина хода ножовки должна быть такой, чтобы в работе участвовало не менее $\frac{2}{3}$ длины ее полотна.

Опиливание — наиболее распространенная слесарная операция, заключающаяся в последовательном снятии (срезании) необходимого слоя металла с поверхности обрабатываемой заготовки или детали. Цель опиления заготовки — придать ей форму и размеры детали; деталь опиляют для достижения заданной шероховатости ее поверхности. Опиливание заготовок и деталей производят вручную или на станках. При ремонте электрооборудования применяется преимущественно ручное опиление плоскими, трехгранными, круглыми и полукруглыми напильниками. Плоскими напильниками опиляют легко доступные плоские и выпуклые поверхности, а также широкие шпоночные канавки на концах валов электрических машин, трехгранными — внутренние углы, а также плоскости, недоступные для опиления плоскими напильниками. Круглыми напильниками распиливают круглые и овальные отверстия, а также опиляют вогнутые поверхности заготовок и деталей. Напильниками двойного применения являются полукруглые, плоской стороной которых можно опиловать прямолинейные поверхности, а полукруглой (выпуклой) — криволинейные (вогнутые) поверхности с различными радиусами кривизны.

Ручное опиление заготовок и деталей — самая массовая и трудоемкая слесарная операция, требующая больших затрат физических сил рабочего-электрослесаря. Основными условиями обеспечения производительного труда электрослесаря и сохранения его сил при выполнении операций ручного опиления являются правильное распределение усилий нажима напильника на обрабатываемую поверхность на начальном, рабочем и конечном пути движения напильника, а также умение выбрать оптимальную для себя частоту движения напильника по обрабатываемой поверхности. При обработке заготовки или детали напильником надо учитывать, что при нажиме на него с постоянным усилием он в начале хода (движение от себя) будет отклоняться рукояткой вниз, а в конце

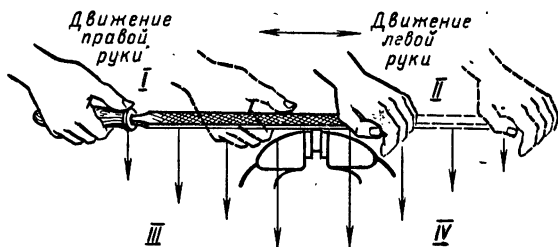


Рис. 20. Правильное держание напильника и распределение усилий нажима при обработке поверхности детали опилованием:

I и *II* — начало и конец движения рук, *III* — постепенно увеличиваемое усилие, создаваемое правой рукой, *IV* — постепенно уменьшаемое усилие, создаваемое левой рукой

хода — носком вниз, в результате это приведет к бесполезной трате сил и «заваливанию» краев опиловаемой поверхности. Правильное распределение усилий нажима на напильник при опиловании схематично (удлиняющимися и укорачивающимися стрелками) показано на рис. 20. Оптимальной частотой движения напильника при опиловании считается 40–60 двойных движений в минуту.

§ 8. СВЕРЛЕНИЕ, ЗЕНКЕРОВАНИЕ И РАЗВЕРТЫВАНИЕ ОТВЕРСТИЙ

Сверлением называют процесс образования отверстий в сплошном материале режущим инструментом — спиральным или перовым сверлом.

Отверстия сверлят вручную дрелью (рис. 21, *а*) и трещоткой (рис. 21, *б*), а также электрифицированным инструментом, но чаще всего на сверлильных станках с помощью сверл, переходных втулок, сверлильных патронов и зажимных устройств.

Переходные втулки (рис. 22, *а*) служат для закрепления в них режущего инструмента (сверл, разверток, зенкеров) с коническим хвостовиком, когда этот хвостовик меньше конуса в шпинделе станка. Сверлильные патроны применяют для установки в шпинделе станка инструментов с цилиндрическим хвостовиком. Патроны бывают двухкулачковые, трехкулачковые (рис. 22, *б*) и быстросменные, позволяющие производить смену инструмента без остановки станка. Зажимным устройством закрепляют обрабатываемые заготовки и детали на столе станка. Наиболее удобным в работе зажимным устройством являются быстросменные машинные тиски (рис. 22, *в*) с рычажно-кулачковым зажимом, обеспечивающие надежное удержание и быструю смену обрабатываемых деталей.

Сверление — наиболее ответственная слесарная операция, выполняемая чаще всего на заключительной стадии обработки

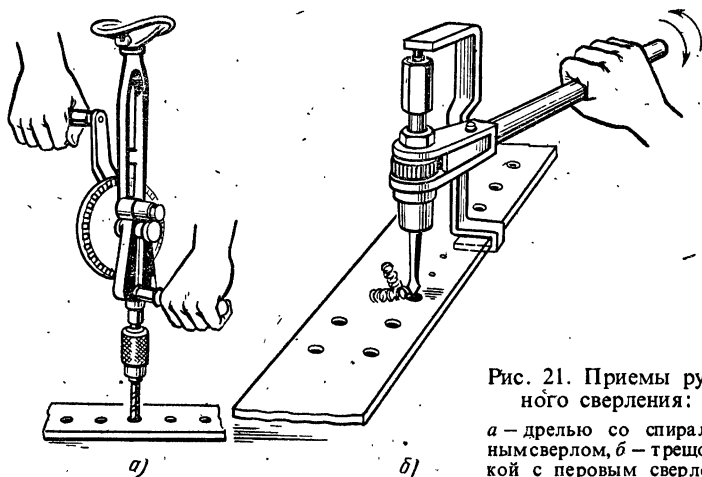


Рис. 21. Приемы ручного сверления:

а — дрелью со спиральным сверлом, *б* — трещоткой с перовым сверлом

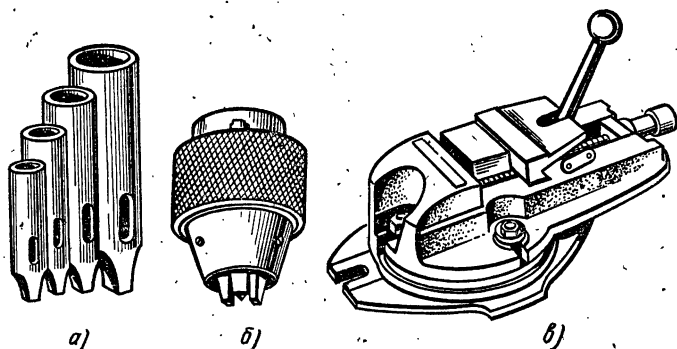


Рис. 22. Приспособления для станочного сверления:

а — переходные втулки, *б* — трехкулачковый патрон, *в* — быстросменные машинные тиски с рычажно-кулачковым зажимом для закрепления обрабатываемой детали на столе сверлильного станка

детали, поэтому малейшее отступление от заданных размеров нарушение порядка выполнения операции сверления, использование неисправного или несоответствующего режущего инструмента, а также неправильное и непрочное закрепление обрабатываемой детали на столе станка приводят неизбежно к браку детали или поломке инструмента.

При сверлении необходимо соблюдать следующие основные правила:

обрабатываемую деталь следует правильно и прочно закреплять на столе станка;

размер сверла должен соответствовать требуемому размеру отверстия;

сверло требуется направлять точно по оси просверливаемого отверстия;

охлаждающую жидкость надо непрерывно подавать на сверло;

к концу сверления сквозных отверстий нажим сверла на деталь должен быть уменьшен во избежание продавливания остающегося непросверленным слоя металла под сверлом;

во время сверления нужно постоянно следить за правильным течением процесса сверления и принимать соответствующие меры при перекосе или зажимании сверла в просверливаемом отверстии, проворачивании сверла в патроне или переходной втулке, ослаблении прочности крепления обрабатываемой детали в зажимном устройстве, а также при появлении других нарушений, приводящих к поломке инструмента или браку обрабатываемой детали.

Зенкерование — слесарная операция обработки входной или выходной части отверстия специальным инструментом — зенкером с целью удаления заусенцев, снятия фасок или образования углублений под потайные головки шурупов, винтов и заклепок. Если необходимо придать более точную цилиндрическую форму отверстиям в деталях, полученных литьем или штамповкой, применяют операцию зенкования отверстия с помощью зенковки.

Отверстия, к которым предъявляются повышенные требования в отношении точности и класса шероховатости поверхности, обрабатывают *развертыванием* — операцией, выполняемой при помощи развертки. Развертывание — это процесс чистовой обработки отверстия, обеспечивающей точность 7—9 классов, шероховатость поверхности — 7—8 классов.

Операцию развертывания отверстия выполняют в следующем порядке: проверяют величину оставленного припуска на развертывание, который не должен превышать установленного; выбирают соответствующую развертываемому отверстию исправную (без выщербин и забоин на режущей части) развертку; устанавливают развертку на отверстию и проверяют (по угольнику) ее перпендикулярность оси отверстия; запускают станок и вращающуюся развертку плавно подают в развертываемое отверстие.

При выполнении операции развертывания отверстий в стальных и чугунных деталях развертку смазывают трансформаторным или машинным маслом, в алюминиевых деталях — смесью технического скипидара с керосином, в медных — эмульсией. Отверстия в латунных деталях разрешается развертывать без смазки — «всухую».

Нарезанием резьбы называют операцию, в результате выполнения которой на поверхности цилиндрических стержней и отверстий образуются винтовые канавки, называемые резьбой. Основными ее элементами являются профиль, нитка, шаг, глубина и диаметры.

Профиль резьбы — это очертание ее впадин и выступов в продольном разрезе, проходящем через ось болта или гайки.

Ниткой (витком) называют часть резьбы, образуемую при одном полном обороте профиля.

Шагом резьбы служит расстояние между параллельными сторонами или вершинами двух витков, лежащих рядом, измеренное вдоль оси резьбы.

Глубиной резьбы считается расстояние от ее вершины до основания профиля, измеряемое перпендикулярно оси болта.

Резьба характеризуется *диаметрами* — наружным (диаметр цилиндра, описанного около резьбовой поверхности и измеряемого у болтов по вершинам профиля резьбы, а у гаек — по впадинам) и внутренним (диаметр цилиндра, вписанного в резьбовую поверхность и измеряемого у болтов — по впадинам, у гаек — по вершинам резьбы).

Резьбы бывают правые и левые: болты и гайки с правой резьбой заворачиваются по часовой стрелке; с левой резьбой — против часовой стрелки. В технике применяют резьбы трех видов: метрическая, дюймовая и трубная. В метрической резьбе шаг измеряется в миллиметрах, в дюймовой вместо шага дается число ниток (витков) на длине одного дюйма.

В электромашиностроении применяют преимущественно правые метрические резьбы. Дюймовые резьбы используют при изготовлении крепежных и других деталей ремонтируемого электрооборудования, в конструкции которых применены эти резьбы. Трубная резьба имеет несколько меньший шаг, чем дюймовая, и применяется главным образом при соединении труб. Резьбы нарезают с помощью резьбонарезных инструментов (см. рис. 4, 2, д). Нарезание резьбы — слесарная операция, часто встречающаяся при ремонте электрооборудования и требующая строгого соблюдения правил ее выполнения во избежание поломки инструмента и повреждения нарезаемой резьбы.

Резьбу нарезают вручную на стержнях клуппом с плашками, а в отверстиях — воротком с метчиком. Нарезание резьбы клуппом выполняют следующим образом:

устанавливают в клупп плашки с требуемой резьбой и разводят их на расстояние, несколько превышающее диаметр нарезаемого стержня;

укрепляют в тисках нарезаемый стержень в вертикальном положении так, чтобы его нарезаемая часть была на 20—25 мм

выше уровня губок тисков, а затем зашлифовывают на конце стержня фаску;

надевают клупп плашками на стержень и винтом клуппа плотно сжимают плашки на стержне;

смазывают плашки и нарезаемую часть стержня машинным маслом, после чего, поворачивая клупп на один-полтора оборота по часовой стрелке, а затем на полтора обратно, нарезают резьбу на требуемой длине;

вращают клупп в обратном направлении (против часовой стрелки) до схода на конец стержня и, поджав плашки винтом, повторяют операцию до получения резьбы требуемых размеров и качества;

проверяют полученную резьбу гайкой, прогоняя ее по вновь нарезанной резьбе стержня.

Внутреннюю резьбу нарезают в отверстиях заготовок метчиками в следующем порядке:

зажимают в тисках заготовку с отверстием, подготовленным под резьбу;

вставляют строго вертикально метчик в нарезаемое отверстие;

надевают вороток на квадрат хвостовика метчика и, прижимая левой рукой вороток к метчику, поворачивают правой рукой вороток по часовой стрелке, пока метчик не врежется на несколько ниток в металл отверстия и не займет в нем устойчивое положение;

вращают вороток с метчиком обеими руками с перехватом рук через каждые пол оборота и нарезают резьбу на требуемой длине отверстия с поворотами воротка по часовой стрелке и против нее, как при нарезании резьбы клуппом.

При нарезании резьбы нередко возникают такие виды брака, как поломка метчика в нарезаемом отверстии, рваная или неполная резьба, срыв резьбы. Поломка метчика в отверстии может произойти из-за его затупления или забивания канавок метчика срезаемой стружкой. Во избежание поломки и порчи резьбы необходимо пользоваться острым метчиком и чаще вынимать его из нарезаемого отверстия для удаления стружки.

Рваная резьба обычно получается при неправильной установке метчика или плашки относительно нарезаемой детали, нарезании резьбы тупым метчиком или плашкой, а также при неиспользовании смазки. Неполной получается резьба, когда диаметр отверстия больше или диаметр стержня под резьбу меньше, чем предусмотрено чертежом.

Срыв резьбы происходит в случаях, когда диаметр просверленного отверстия под резьбу меньше, либо диаметр стержня под наружную резьбу больше установленных чертежом. Для устранения срыва резьбы следует выбирать правильный диаметр отверстия и стержня, а также метчики и плашки, соответствующие диаметру отверстия и стержня.

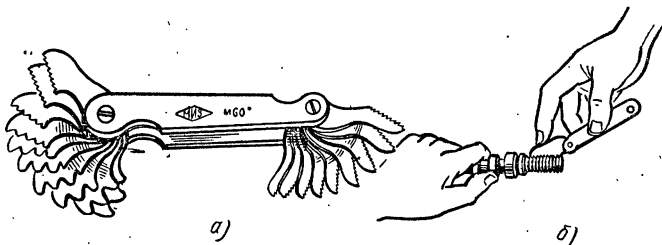


Рис. 23. Резьбомер (а) и проверка им шага резьбы (б)

Качество и шаг метрической наружной резьбы проверяют с помощью резьбомера, состоящего из набора пластин для измерения резьб с шагом от 0,4 до 6 мм. Общий вид резьбомера и проверка им наружной резьбы показаны на рис. 23, а, б. Контроль качества внутренних резьб осуществляется с помощью предельных резьбовых калибров-пробок.

§ 10. ШАБРЕНИЕ

Шабрение — окончательная обработка поверхности заготовки или детали путем снятия (соскабливания) с нее тонкого слоя металла шабером. К шабрению прибегают для получения поверхности предельно высокой чистоты обработки.

В ремонтной практике шабрение применяется преимущественно при обработке внутренних поверхностей подшипников скольжения, встречающихся в электрических машинах старых конструкций, и в ряде современных электродвигателей специального исполнения.

Шабрение производят вручную или механически. Ручное шабрение по сравнению с механизированным имеет ряд преимуществ, основными из которых являются доступность выполнения простым инструментом и возможность достижения высокой чистоты обрабатываемой поверхности. Поэтому в большинстве электроцехов предприятий при ремонте электродвигателей с перезаливкой подшипников скольжения используют ручное шабрение вкладышей.

К шабрению вкладышей подшипников скольжения приступают после чистовой обработки их рабочих поверхностей. Подлежащие шабрению участки рабочей поверхности подшипника, соприкасающиеся с шейкой вала, определяют «на краску» или по следам «сухого трения». Для определения этих участков «на краску» поступают следующим образом:

приготавливают шабровочную краску — смесь машинного масла с мелко измельченной (порошкообразной) лазурью или с суриком и ультрамарином (синькой);

покрывают участок вала, на котором будет располагаться подшипник, равномерным тонким слоем шабровочной краски;

накладывают вкладыши на окрашенный участок вала и,

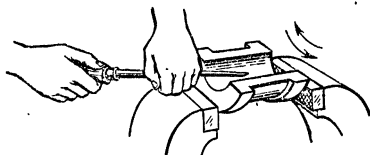


Рис. 24. Прием шабрения внутренней поверхности вкладыша подшипника скольжения электрической машины

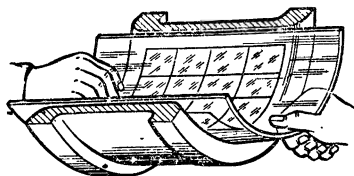


Рис. 25. Проверка целлулоидным шаблоном качества шабренной поверхности вкладыша подшипника скольжения

прижимая с некоторым усилием, притирают их к валу, поворачивая несколько раз влево и вправо на 180° ;

снимают вкладыши с вала и тщательно осматривают для определения расположения, количества и размеров окрашенных участков на поверхности вкладышей;

подготавливают необходимый инструмент для шабрения и шаблон для контроля качества поверхности, обрабатываемой шабрением.

Основные операции шабрения поверхности вкладышей подшипников скольжения выполняют в такой последовательности:

закрепляют вкладыш в тисках и, прижимая шабер одной рукой к обрабатываемой поверхности, а другой перемещая его мелкими штрихами влево и вправо, снимают (соскабливают) металл с окрашенных поверхностей вкладыша (рис. 24), наблюдая, чтобы металл снимался средней частью режущей кромки шабера;

накладывают шабрённые вкладыши на вал и повторяют операции их притирки и шабрения;

проверяют (после повторных притирок и шабрений) количество пятен краски, образовавшихся на поверхности вкладыша, накладывая на нее целлулоидный шаблон (рис. 25) с сеткой квадратов размером 25×25 мм;

повторяют притирки и шабрения до тех пор, пока число пятен на обрабатываемой поверхности, на площади одного квадрата шаблона, будет не менее 12 — при получистовой обработке, 15 — при чистовой и 20 — при точной обработке.

Окончательную и более тонкую доводку поверхности вкладышей шабрением целесообразно производить по следам «сухого трения», т. е. без смазки шейки вала краской. Для выполнения доводки указанным способом тщательно очищают шейку вала и протираемую поверхность вкладыша от краски, а затем устанавливают вкладыш на шейку вала и вновь проворачивают на два-три оборота, в результате чего на небольших неровностях, оставшихся на поверхности вкладыша, образуются тонкие блестящие участки, которые и удаляют шабрением, завершая таким образом тонкую доводку.

Шабрение — сложная слесарная операция, требующая от слесаря большой аккуратности и необходимого опыта ее исполнения.

§ 11. ЛУЖЕНИЕ И ПАЯНИЕ

Лужение и паяние являются весьма распространенными способами предохранения от коррозии и соединения шин, проводов и других металлических (преимущественно медных) деталей ремонтируемого электрооборудования.

Лужением называют процесс нанесения на металлическую поверхность детали (изделия) тонкого слоя другого металла или его сплавов, соответствующих данному изделию. Наносимый слой, состоящий чаще всего из олова или его сплавов со свинцом, называют полудой. Лужение применяют при подготовке деталей к соединению пайкой, а также для создания на поверхности деталей защитного слоя, предохраняющего их от коррозии и окисления.

Поверхность, на которую предстоит нанести полуду, предварительно тщательно очищают от грязи, пленок окислов и жира, препятствующих образованию прочного и качественного слоя полуды на облуживаемом участке. Очистку деталей перед лужением производят вручную (песком, пемзой, абразивной шкуркой, напильником, стальной щеткой), механически (вращающимися стальными щетками, абразивным кругом). Жировые вещества удаляют растворителями масел.

Лужение мелких деталей ремонтируемого электрооборудования производят погружением их в расплав полуды, а крупных — растиранием полуды по облуживаемым поверхностям деталей, нагретых до 240—260 °С.

Перед облуживанием любым из указанных способов соответствующие поверхности деталей предварительно промывают в проточной воде, вытирают насухо чистыми обтирочными концами, а затем смазывают раствором хлористого цинка и посыпают мелким порошком нашатыря.

Паянием (пайкой) называют процесс соединения металлов в твердом состоянии с помощью расплавленного припоя.

Соединяют металлы паянием мягкими и твердыми припоями. К мягким относят оловосодержащие припои, температура плавления которых ниже 400 °С, например широко применяемый при ремонте электрооборудования припой ПОС 40, содержащий около 40 % олова. Твердыми называют тугоплавкие припои (температура плавления выше 700 °С), основу которых составляют медь и цинк.

Для получения прочного соединения металлов путем пайки необходимо предварительно очистить соединяемые поверхности от грязи, краски и жировых веществ, выполняя эту операцию так же, как при подготовке к лужению. На поверхности

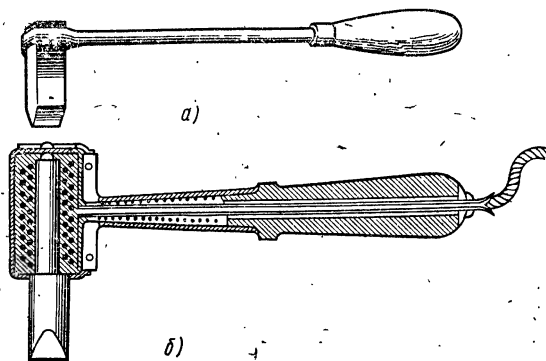


Рис. 26. Паяльники, применяемые для ручной пайки:
а — обыкновенный, б — электрический

металлов всегда образуются пленки оксидов, которые следует удалять непосредственно перед началом пайки, однако окисление этих поверхностей может происходить и во время пайки, поэтому операцию пайки выполняют с использованием химически активных веществ — флюсов. Флюсы не только предохраняют от окислений поверхности металлов, соединяемые пайкой, но и повышают смачивающую способность и растекаемость припоев, улучшают условия пайки. При выборе флюсов необходимо учитывать следующее:

температура плавления флюса должна быть ниже температуры плавления припоя;

флюс не должен вступать в соединение с основным металлом и припоем;

при пайке флюс должен всплывать на поверхность металла и не оставаться в паяном шве, а после пайки легко удаляться с поверхности соединения.

В качестве флюсов применяют чаще всего канифоль, парафин, нашатырь, плавленную буру, борную кислоту, употребляя их в виде паст, мази, порошков или растворов.

Пайку производят с помощью ручных паяльных инструментов или специального паяльного оборудования. При ремонте электрооборудования используют преимущественно ручные паяльные инструменты: обыкновенный паяльник (рис. 26, а), нагреваемый внешним источником тепла, и электропаяльник (рис. 26, б), нагреваемый электрическим током.

Пайку ручными паяльниками с применением оловянно-свинцовых припоев (ПОС 30, ПОС 40 и др.) выполняют в такой последовательности:

очищают соединяемые поверхности деталей от грязи и пленок оксидов, а затем обезжиривают и покрывают флюсом;

устанавливают и фиксируют соединяемые детали в положении, наиболее удобном для выполнения операций пайки;

опиливают рабочую часть паяльника, подготавливая его таким образом к работе;

нагревают паяльник пламенем паяльной лампы или газовой горелки (электропаяльник — включением в электрическую сеть) до температуры 350—400 °С и удаляют с его рабочей части образовавшуюся при нагревании окалину;

захватывают паяльником необходимое количество припоя и производят им несколько движений вперед и назад по куску наштабля, пока рабочая часть паяльника не покроется ровным слоем припоя;

накладывают паяльник рабочей частью на участок соединения и, медленно перемещая его, одновременно прогревают и соединяют детали припоем;

промывают и обтирают охлажденный участок соединения, а затем проверяют качество пайки и прочность соединения деталей — в паяном шве не должно быть трещин и разрывов, детали должны быть прочно соединены без смещений и перекосов.

При необходимости соединения пайкой стальные детали предварительно облуживают, а затем паяют обычным способом, применяя твердые припои соответствующих составов. Алюминиевые детали соединяют пайкой твердыми припоями (АЛ2 и др.) после предварительного облуживания, а детали из медных сплавов — пайкой медноцинковыми припоями (ПМЦ48 и др.).

Подготавливать детали к лужению и пайке, а также лудить и паять их необходимо при строгом соблюдении технологии этих операций. От качества выполнения операций лужения и пайки в значительной мере зависят надежность и продолжительность межремонтных сроков работы отремонтированных трансформаторов, электрических машин и коммутационных аппаратов.

§ 12. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ СЛЕСАРНОЙ ОБРАБОТКИ

Технологическим процессом слесарной обработки называют совокупность планомерно и последовательно выполняемых слесарных операций, направленных на изменение свойства или формы материала либо заготовки с целью получения готовой детали.

Операции слесарной обработки должны выполняться с соблюдением заданных режимов и методов контроля качества, предусмотренных технологическим процессом. Применяемые для этих операций инструменты, приспособления, механизмы и станки, а также способы и приемы слесарной обработки материалов, заготовок и деталей должны соответствовать принятой технологии.

В технической документации и при описании технологических процессов слесарной обработки используют следующие термины и понятия:

деталь — изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций (например, контакт электрического аппарата, вал ротора электродвигателя);

сборочная единица — изделие, составные части которого подлежат соединению или соединены путем различных сборочных операций (свинчиванием, сваркой, опрессовкой и др.);

технологическое оборудование — орудия производства, с помощью которых осуществляется технологический процесс обработки материала, заготовок и деталей (токарный станок, электросварочный аппарат);

технологическая оснастка — орудия производства, предусмотренные технологическим процессом и дополняющие технологическое оборудование при выполнении производственных операций (штампы, пресс-формы, кондукторы), а также приспособления, предназначенные для установки и закрепления обрабатываемых объектов в требуемом положении относительно рабочих органов станка и режущих инструментов, подъемно-транспортные устройства, служащие для перемещения обрабатываемых деталей и изделий и выполнения сборочных работ;

технологическая документация — графические и текстовые документы, определяющие технологические процессы ремонта или изготовления изделия (технологические и маршрутные карты, чертежи и другие документы);

технологическая карта — форма технологической документации, в которой указан весь процесс обработки заготовки или детали, названы операции и их составные части, применяемые материалы, производственное оборудование, технологическая оснастка и режимы, а также установлено время, необходимое для изготовления заготовки или детали, определена квалификация работников, способных выполнить соответствующие операции обработки, и даны другие указания, относящиеся к технологическому процессу.

Технологический процесс обработки заготовок и деталей, а также сборки и наладки сборочных единиц состоит из ряда последовательно выполняемых операций.

Слесарной операцией называют законченную часть технологического процесса обработки заготовки или детали, выполняемую одновременно и непрерывно до перехода к обработке следующих заготовок или деталей. Понятие «слесарная операция» является условным, так как одна и та же операция слесарной обработки, осуществляемая на разных предприятиях или в разных условиях, определяется с точки зрения технологии ее выполнения неодинаково.

В зависимости от уровня организации производства, технической оснащенности, сложности операций и принятой тех-

нологии на одних предприятиях слесарные операции могут быть укрупнены, а на других — расчленены на ряд отдельных мелких операций. При ремонте применяется укрупненная система слесарных операций, при которой весь комплекс слесарной обработки одной детали или сборки деталей в сборочную единицу выполняется электрослесарем единолично и на одном рабочем месте.

Операция слесарной обработки состоит из перехода, прохода, установки и позиции.

Переход — часть слесарной операции, выполняемая без смены инструмента и перестановки обрабатываемой детали (в тисках, на станке) и при неизменном режиме обработки.

Проход — часть перехода, во время которого снимается один слой металла с обрабатываемой поверхности. Проход — многократно повторяющееся действие при выполнении таких операций, как опиливание и шабрение.

Установка — часть слесарной операции, выполненной при одном закреплении обрабатываемой детали на станке, в тисках или приспособлении. *Позицией* называется каждое положение обрабатываемой детали относительно режущего инструмента.

В технологии слесарной обработки различают обдирочные, черновые, чистовые и окончательные виды обработки.

Обдирочной называют первую (грубую) обработку поверхности заготовки, при которой с нее снимается значительная часть общего допуска. *Черновой* является следующая, после обдирочной, обработка заготовки, выполняемая обычно до перехода к чистовой обработке. *Чистовой* называют обработку детали, при которой достигается шероховатость поверхности, не отличающаяся высокой чистотой и точностью обработки. *Окончательной* считается заключительная слесарная обработка, при которой достигается высокая точность и чистота обработки поверхности детали, предусмотренная чертежом. При ремонте трансформаторов, электрических машин и коммутационных аппаратов применяют все эти виды слесарной обработки.

Выполняя технологические операции слесарной обработки и сборочных работ, электрослесарь-ремонтник должен:

пользоваться установленными правилами безопасности труда, защитными средствами (защитными очками, рукавицами, наушниками, резиновыми перчатками, спецодеждой и др.);

применять только исправный и предусмотренный именно для данной операции слесарный инструмент;

проверять исправность электрифицированного инструмента и его соответствие напряжению питающей сети (прежде чем включать в питающую сеть электрифицированные инструменты, следует их надежно заземлять, присоединяя к исправной сети заземления);

приступая к работе на станке, убедиться в его исправности и наличии требуемых ограждений;

обрабатывая деталь на сверлильном станке, не браться рукой за шпиндель, патрон или режущий инструмент; немедленно останавливать станок при биении шпинделя, заедании режущего инструмента или появлении какой-либо другой неисправности;

правильно устанавливать и надежно закреплять обрабатываемую деталь;

строго соблюдать предусмотренную технической документацией технологию слесарной обработки и сборки деталей в сборочную единицу.

Находясь на работе, электрослесарь должен соблюдать следующие правила личной гигиены и ухода за рабочим местом:

не мыть руки в керосине, бензине, смазочном масле, эмульсии и не вытирать их обтирочными концами, загрязненными металлической стружкой или опилками во избежание травмирования кожи рук;

принимать пищу только в специально отведенном для этого месте;

при работе со свинцом, припоями и баббитом мыть часто руки теплой водой, а при работе с кислотами — в 5%-ном растворе соды в воде;

окончив работу, убрать детали, заготовки, материалы и инструмент.

Рабочий-электрослесарь должен экономно расходовать материалы, беречь оборудование и инструменты, избегать загрязнения окружающей среды отходами производства, стремиться к повышению качества ремонта, производительности труда и своей квалификации, нетерпимо относиться к нарушителям трудовой и технологической дисциплины.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как должно быть организовано и оснащено рабочее место электрослесаря?

2. Чем и каким образом выполняют разметочные работы?

3. Какими измерительными инструментами пользуются при разметочных работах?

4. Назовите режущие инструменты, применяемые при сверлении и развертке отверстий, а также расскажите, как выполняются эти операции.

5. Что вы знаете о системе допусков и посадок и где эта система применяется?

6. Расскажите, в какой последовательности и как выполняют операции лужения и пайки.

7. Когда и каким образом в ремонтной практике производится операция шабрения?

8. Назовите требования безопасности труда и личной гигиены, которые должен соблюдать электрослесарь.

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЛАНИРОВАНИЕ РЕМОНТА ТРАНСФОРМАТОРОВ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН И КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ

§ 13. ВИДЫ И ПРИЧИНЫ ИЗНОСОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Работа электрооборудования неизбежно сопряжена с его постепенным износом и вследствие этого с необходимостью периодических ремонтов. Износ электрооборудования по характеру и вызывающим его причинам можно условно разделить на механический, электрический и моральный.

Механический износ электрооборудования происходит из-за длительных переменных или постоянных механических воздействий на его отдельные детали или сборочные единицы, в результате чего изменяются их первоначальные формы или ухудшаются качества, например, образование на поверхности коллектора электрической машины глубоких борозд — «дорожек», выработок. Причиной быстрого механического износа коллектора может стать длительное воздействие на него щетки, прижатой с усилием, превышающим допустимое усилие нажатия, или неправильный подбор марки щетки, например, более твердой, чем та, на которую рассчитан коллектор.

В электрических аппаратах механический износ выражается в истирании (абразивном износе) и изменении первоначальной формы контактов, ослаблении пружин механизма и др. В электрических двигателях из-за трения механически изнашиваются, главным образом, шейки валов, подшипники и контактные кольца роторов.

Электрический износ — невосстановимая потеря электроизоляционными материалами электрооборудования изоляционных свойств. Электрически изнашиваются, например, пазовая изоляция электрических машин, изоляция проводов обмотки трансформатора, изолирующие детали аппаратов и др. Электрический износ изоляции чаще всего является следствием длительной работы электрооборудования, воздействия на изоляцию недопустимо высоких температур или химически агрессивных веществ, что приводит к интенсивному «старению» изоляции и в результате этого к витковым замыканиям в обмотках и катушках, пробоем изоляции и появлению потенциалов опасной величины на частях электрооборудования, нормально не находящихся под напряжением, т. е. к повреждениям, устранение которых требует капитального ремонта электрооборудования.

Моральный износ — результат старения вполне исправного резервного или работающего электрооборудования, дальнейшая эксплуатация которого нецелесообразна из-за создания нового, технически более совершенного или более экономичного оборудования аналогичного назначения. Этот вид износа

электрооборудования — закономерный процесс, обусловленный развитием науки и непрерывным техническим прогрессом. Однако эксплуатация морально износившегося электрооборудования может стать технически и экономически целесообразной, если при капитальном ремонте осуществить модернизацию, при которой его технико-экономические параметры могут быть максимально приближены к параметрам аналогичного более совершенного электрооборудования. Модернизация электрооборудования имеет большое народнохозяйственное значение.

§ 14. СИСТЕМЫ И КЛАССИФИКАЦИЯ РЕМОНТОВ

В нашей стране принята система планово-предупредительных ремонтов (ППР), основным содержанием которой являются плановость и профилактика, т. е. плановое осуществление комплекса профилактических работ и мероприятий по уходу за оборудованием и его ремонтом. Чередование, периодичность и объемы ремонтов устанавливаются системой ППР в зависимости от режимов работы, технического состояния и условий эксплуатации электрооборудования. При этом учитываются также обеспечение бесперебойной работы предприятия, безопасность обслуживающего персонала, увеличение межремонтных периодов и сокращение продолжительности пребывания электрооборудования в ремонте. Таким образом, система ППР — плановая система организационных и технических мероприятий; выполнение которых направлено на обеспечение продолжительной и безаварийной работы электрооборудования.

В результате многолетнего применения системы ППР в ряде ведущих отраслей промышленности резко снизились издержки на содержание электрооборудования, сократилось число аварий электродвигателей, трансформаторов и коммутационных аппаратов, повысилась продолжительность работы электрооборудования, увеличилась продолжительность межремонтного цикла, возросла культура ремонтного обслуживания электрооборудования.

На технические и экономические показатели ремонта электрооборудования большое влияние оказывает избранная система организации планово-предупредительного ремонта.

Существуют три основные системы организации ППР электрооборудования на предприятии: централизованная, децентрализованная и смешанная.

При *централизованной* системе ремонт электрооборудования выполняет одна или несколько ремонтных служб, специализированных по видам оборудования или роду работ. Эти службы подчинены главному энергетiku предприятия.

Эксплуатационный персонал, обслуживающий электрооборудование цеха, подстанции, выполняет при этой системе лишь работы по надзору, уходу и мелкому текущему ремонту.

Децентрализованная система характерна отсутствием специализированных ремонтных служб; все электроремонтные работы выполняет персонал, сосредоточенный в электроремонтных мастерских или бригадах, находящихся в административном подчинении начальника соответствующего производственного подразделения, например цеха или пролета, а в оперативном — главного энергетика предприятия.

Смешанная система организации ремонта электрооборудования отличается от других систем тем, что в производственных подразделениях имеются не только свои электроремонтные мастерские и бригады, выполняющие небольшие по объему и сложности ремонтные работы, но и специализированные ремонтные службы, производящие сложные и большие по объему работы, связанные с ремонтом электрооборудования. Для крупных промышленных предприятий с мощным электрохозяйством наиболее приемлемой, прогрессивной и экономически выгодной является централизованная система ППР электрооборудования.

Положением о ППР электрооборудования промышленных предприятий ряда отраслей промышленности предусмотрено выполнение нескольких видов ремонтов (текущего и капитального, среднего и капитального или текущего, среднего и капитального). Наиболее прогрессивная система — выполнение для большей части электрооборудования двух видов ремонта — текущего и капитального.

При текущем ремонте заменяют небольшие детали, устраняют мелкие дефекты, регулируют механизмы электрооборудования и обеспечивают его нормальную работу до очередного планового ремонта. К текущему ремонту относятся также чистка электрооборудования, восстановление небольших участков поврежденной изоляции обмоток электрических машин, перезарядка предохранителей с заменой плавкой вставки, обработка обгоревших контактов аппаратов, промывка подшипников электродвигателей, смена износившихся щеток, подтягивание креплений электрооборудования и т. п. Во время текущих ремонтов проверяют состояние изоляции обмоток электрических машин и электромагнитов отключающих аппаратов, а также производят различные профилактические испытания с целью выявления и своевременного устранения имеющихся неисправностей в электрооборудовании. Текущие ремонты осуществляют обычно без разборки электрооборудования, используя кратковременные остановки производственного оборудования.

Средним принято считать такой ремонт, при котором предупреждают опасность чрезмерного износа наиболее ответственных деталей и сборочных единиц электрооборудования или же предотвращают аварийный выход его из строя. При этом виде ремонта заменяют отдельные детали механизма аппаратов, восстанавливают надежность электрических соедине-

ний, устраняют дефекты изоляции лобовых частей обмоток электродвигателей, ремонтируют щеткодержатели, заменяя пружины и гибкие связи, продороживают коллекторы электрических машин, шлифуют контактные кольца электродвигателей с фазными роторами, заменяют оплавленные рабочие или дугогазительные контакты отключающих аппаратов, а также катушки электромагнитов автоматических выключателей и т. п.

При капитальном ремонте восстанавливают или заменяют отдельные базисные части и детали электрооборудования. К капитальному ремонту относят, например, перемотку роторной или статорной обмоток электродвигателей, намотку и установку новых полюсных катушек машин постоянного тока, перезаливку подшипников скольжения электродвигателя, намотку и установку новой обмотки силового трансформатора и др.

Выполнение капитальных ремонтов электрооборудования связано, как правило, с необходимостью частичной или полной его разборки. В некоторых случаях при капитальных ремонтах электрооборудование модернизируют, т. е. совершенствуют конструкцию, улучшают эксплуатационные качества, повышают надежность, ремонтпригодность или безопасность ремонтируемых аппаратов, силовых трансформаторов и электрических машин. Основная цель модернизации — приближение технических параметров старого и конструктивно несовершенного электрооборудования к техническим параметрам современных более совершенных электрических машин и аппаратов. Модернизацию при капитальном ремонте осуществляют, когда конструкция ремонтируемого электрооборудования допускает внесение в него требуемых изменений.

Затраты времени, средств, труда и материалов на модернизацию электрооборудования должны быть оправданы теми техническими или экономическими результатами, которые достигаются после его модернизации. Если модернизация электрооборудования, выполняемая при капитальном ремонте, связана с необходимостью коренных изменений его конструкции и основных технических параметров, такой ремонт называют капитально-реконструктивным.

§ 15. ПЛАНИРОВАНИЕ РЕМОНТНЫХ РАБОТ

Ремонты электрооборудования планируют, исходя из межремонтных периодов, ремонтных циклов и их структуры.

Межремонтным называют период работы электрооборудования между двумя очередными плановыми ремонтами, например соседними текущими или текущим и капитальным.

Ремонтный цикл — отрезок времени, в течение которого электрооборудование работает между двумя капитальными ремонтами или с момента ввода в эксплуатацию электрооборудования до первого капитального ремонта.

Структурой ремонтного цикла называют совокупность текущих и средних ремонтов, выполняемых между капитальными, т. е. в течение одного ремонтного цикла.

Основой для определения продолжительности межремонтного периода и ремонтного цикла служит расчетное или действительное время, в течение которого электрооборудование способно нормально работать в заданных режимах. Одним из факторов, определяющих это время, является продолжительность работы наиболее быстроизнашивающихся деталей и сборочных единиц электрооборудования.

Ремонты электрооборудования предприятия планируют обычно на один год с разбивкой по кварталам и месяцам. Такое планирование ремонта называют текущим. Наряду с текущим планированием осуществляют также оперативное планирование ремонта электрооборудования с помощью сетевых графиков.

Сетевой график ремонта может быть общим или локальным. Общий сетевой график предусматривает ремонт определенного комплекса электрооборудования, например отдельной электроустановки, электрооборудования подстанции или цеха, а локальный — ремонт отдельной крупной единицы электрооборудования, например мощного электродвигателя или силового трансформатора.

Примерное построение (модель) сетевого графика ремонта показано на рис. 27, а. Сетевой график состоит из безмасштабных стрелок, обозначающих работы, и кружков (или других геометрических фигур), обозначающих события. Работа означает определенный производственный процесс ремонта (или совокупность ремонтов), требующий затрат времени или материалов, применения различных инструментов или приспособлений. Событие представляет собой промежуточный или окончательный результат одной или нескольких работ, необходимый для начала каких-либо других работ, предусмотренных технологией ремонта.

Сетевой график, таким образом, представляет собой схематическое изображение операций и элементов производственного процесса ремонта, а также взаимных связей между ними, порядка и технологической последовательности их выполнения. Составление сетевых графиков ремонтов электрооборудования начинают после предварительного установления взаимосвязей между работами и согласования их с технологической последовательностью выполнения планируемых электроремонтных работ. При составлении сетевых графиков стрелки, изображающие направление (работы), должны идти слева направо, номер события, откуда выходит работа, должен быть меньше номера события, куда она входит. Запрещается дважды в одном графике использовать одни и те же номера событий; все события, кроме завершающего 13, должны иметь продолжение в виде стрелок, обозначающих работу.

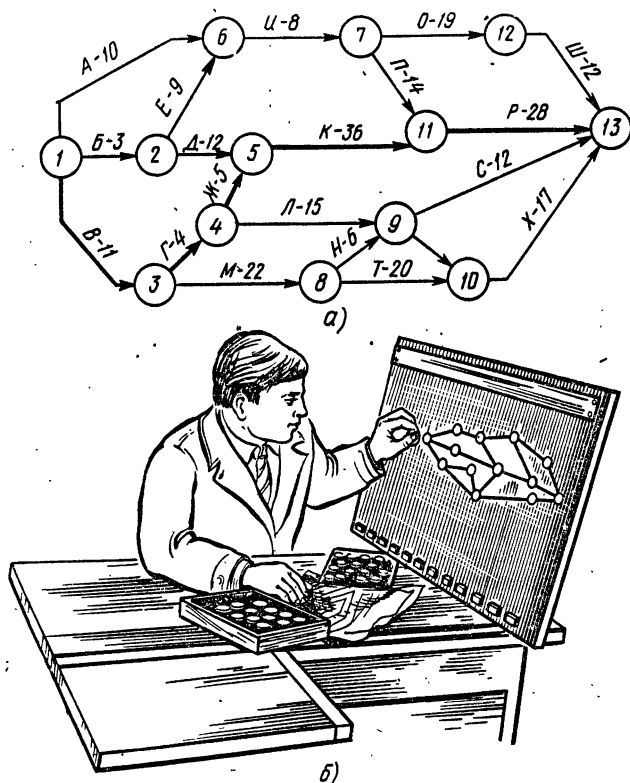


Рис. 27. Сетевое планирование ремонта электрооборудования:

а — модель сетевого графика, б — универсальный кондуктор для составления сетевых графиков

В модели сетевого графика событие 1 является началом работ А-10, Б-3 и В-11, а события 2, 3 и 6 — результатами этих работ. В свою очередь последующие события, будучи результатом предыдущих работ — А-10, Б-3 и В-11, являются началом работ Г-4, Е-9, Д-12 и т. д.

При составлении сетевых графиков различают входные и выходные работы. Так, в рассматриваемом графике для события 2 работа Б-3 будет входной, а работы Е-9 и Д-12 будут выходными и т. д. Цифрами после букв в сетевых графиках указывают продолжительность (в месяцах, неделях, днях или часах) ожидания или выполнения отдельных работ между двумя событиями. В сетевых графиках ремонта четко выявляются те работы, от которых зависит общий срок за-

вершения всего комплекса работ по ремонту отдельной электрической машины, электрооборудования цеха или электроустановки предприятия. Этот срок определяется последовательностью ремонтных работ с наибольшей продолжительностью от исходного до завершающего события. Последовательность выполнения ремонтных работ является важнейшим элементом сетевого графика и определяет его критический путь. Сокращение или увеличение срока ремонтных работ, лежащих на критическом пути, определяет общую продолжительность работ по ремонту. Применительно к ремонту силового трансформатора событие 1 (рис. 27,а) может означать разборку трансформатора, а событие 13 — его испытание после ремонта.

Сетевое планирование ремонтов имеет большое организующее и дисциплинирующее значение. На современных ремонтных предприятиях сетевое планирование осуществляют с помощью универсальных кондукторов, предназначенных для изображения на них различных по сложности, объектам ремонта и назначению сетевых графиков.

Универсальный кондуктор (рис. 27,б) представляет собой набор перфорированных досок-полей, изготовленных из пластмассы. Для удобства пользования доски-поля выполняют из пластмассы разных цветов. При составлении сетевого графика ремонта в соответствующие перфорационные отверстия (гнезда) доски вставляют пластмассовые знаки в виде стрелок, кружков, квадратов, изображающие позиции сетевого графика. При сетевом планировании ремонтов с использованием универсальных кондукторов значительно ускоряется составление графиков, упрощается процесс планирования и облегчается корректирование готового плана как при его составлении, так и в ходе выполнения ремонтных работ.

Текущее и оперативное планирование при помощи сетевых графиков позволяет лучше использовать имеющийся ремонтный персонал и повышать производительность его труда.

§ 16. СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОРЕМОНТНОГО ЦЕХА И СОСТАВ ЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Структура электроремонтного цеха и состав его оборудования определяются различными факторами, основными из которых являются количество, номенклатура, масса, габаритные размеры и степень сложности ремонтируемого электрооборудования. Учитывая эти факторы, принимается та или иная структура электроремонтного цеха и состав его оборудования.

Электроремонтный цех среднего по мощности предприятия с небольшим объемом ремонта электрооборудования состоит из ряда производственных подразделений: разборочно-дефектовочного, ремонтно-механического, обмоточного, сушильно-пропиточного, комплекточного, сборочного отделений и испытательной станции, а также отдельных участков, где произ-

водятся электро- и газосварочные работы, окраска отремонтированного электрооборудования и другие работы, связанные с ремонтом трансформаторов, электрических машин и коммутационных аппаратов.

В разборочно-дефектировочном отделении очищают поступившее в ремонт электрооборудование от грязи, сливают масло из трансформаторов и маслоразделенных аппаратов, выполняют необходимые предремонтные испытания, разбирают электрооборудование и его отдельные части, производят дефектировку (определяют состояние и степень износа деталей, а также объем предстоящего ремонта, оформляют дефектационную и маршрутную карты ремонта, навешивают маркировочные бирки на детали, подлежащие ремонту, принимают меры к сохранению неповрежденных деталей электрооборудования), передают неисправные детали в соответствующие ремонтные отделения, а исправные — в отделение комплектации или сборки. Разборочно-дефектировочное отделение должно располагать подъемно-транспортными средствами требуемой грузоподъемности, испытательной станцией или стендом, позволяющим проведение всего комплекса предремонтных испытаний поврежденного электрооборудования, моечными ваннами, гидравлическими и винтовыми съемниками, приспособлениями для вывода роторов (якорей) из станин электрических машин, автогенным аппаратом, электрифицированными инструментами, наборами инструментов для разборки электрооборудования, а также специальным оборудованием и приспособлениями для разборки электрооборудования нестандартного или конструктивно сложного исполнения.

В разборочно-дефектировочном отделении определяют, в каких подразделениях электроремонтного цеха должны ремонтироваться поврежденные части электрооборудования, а затем направляют их в эти подразделения вместе с сопроводительной (маршрутной) картой ремонта и другими документами.

В ремонтно-механическом отделении ремонтируют, а при необходимости изготавливают новые детали электрооборудования (валы, коллекторы, щеточные механизмы, подшипники скольжения), производят перешихтовку сердечников роторов и статоров электрических машин, расшихтовывают ярма магнитопроводов трансформаторов, а также выполняют слесарную и механическую обработку деталей ремонтируемого электрооборудования. Ремонтно-механическое отделение должно быть оснащено подъемно-транспортными средствами, металлообрабатывающими станками (строгальными, сверлильными, токарными, шлифовальными, фрезерными), прессами, гильотинными ножницами, электро- и газосварочными аппаратами, электрифицированными и ручными инструментами, инвентарными и специальными приспособлениями, наборами индивидуального и бригадного инструмента, комплектами мерительного инструмента и др.

При необходимости выполнения работ по хромированию и никелированию деталей в ремонтно-механическом отделении должна быть гальваническая ванна, установленная в отдельном помещении. Кроме перечисленного оборудования в ремонтно-механическом отделении должны быть установлены стеллажи и шкафы для хранения ремонтируемых и вновь изготовленных деталей, а также слесарные верстаки и инструментальные шкафы для хранения личного инструмента и выполнения различных слесарных работ, например шабровки вкладышей подшипников скольжения, сборки коллектора и щеточного механизма машины постоянного тока, нарезания резьбы крепежных деталей и др.

В *обмоточном и сушильно-пропиточном* отделениях ремонтируют поврежденные и изготавливают новые обмотки электродвигателей, силовых трансформаторов и катушек электромагнитов, а также пропитывают и сушат их до и после пропитки. В обмоточном отделении восстанавливают изоляцию обмоточных проводов, поврежденных обмоток для повторного их использования.

Обмоточное отделение должно быть оснащено намоточными станками для ручной и механизированной намотки и изолировки обмоток и катушек, станком для изготовления клиньев, гильотинными ножницами для резки изоляционных материалов, поворотными столами и различными приспособлениями для производства обмоточных работ, а также изготовления и формовки изоляционных деталей, станками для бандажирования роторов и якорей, сварочным и паяльным инструментом для соединения проводов обмоток.

Обмоточное отделение должно располагать испытательной установкой для пооперационного контроля изоляции изготавливаемых обмоток, а также аппаратами контроля правильности сборки и соединений схем обмоток. В необходимых случаях обмоточное отделение оборудуют печью для отжига проводов, ванной для их травления и нейтрализации кислот после травления, станком для волочения и калибровки проводов старой обмотки. Для размещения этого оборудования в обмоточном отделении выделяется особое помещение, снабженное соответствующими вентиляционными устройствами и средствами пожаротушения.

В обмоточном отделении может быть дополнительно использовано различное оборудование, определяемое составом ремонтируемого электрооборудования и требованиями принятой технологии ремонта.

Сушильно-пропиточное отделение служит для пропитки и сушки вновь изготовленных обмоток. В состав оборудования этого отделения входят пропиточные ванны для пропитки обмоток, шкафы и печи для их сушки и запечки, емкости для хранения пропиточных лаков и растворителей в количествах, обеспечивающих не более чем суточную потребность

в них. Для транспортировки обмоток большой массы в отделении должны быть соответствующие подъемно-транспортные средства. Учитывая особую вредность паров и летучих частиц лаков и растворителей, а также их большую пожаро- и взрывоопасность, помещения сушильно-пропиточного отделения должны быть оборудованы соответствующими приточно-вытяжными вентиляционными устройствами и снабжены необходимыми средствами пожаротушения.

Комплектовочное отделение (или участок) является местом, куда доставляют все отремонтированные, а также оставшиеся после разборки сборочные единицы и детали ремонтируемого электрооборудования, пригодные для повторного использования. Это отделение предназначено для проверки сборочных единиц и деталей, а также комплектации ремонтируемого электрооборудования недостающими новыми сборочными единицами и деталями. Полностью укомплектованное электрооборудование передают в сборочное отделение или на участок сборки.

Комплектовочное отделение должно быть оснащено верстаками, стеллажами, необходимыми инструментами, приспособлениями и подъемно-транспортными средствами.

В *сборочном* отделении производят подетальную и общую сборку ремонтируемого электрооборудования. Это отделение должно быть оснащено сборочными инструментами и инвентарными приспособлениями, верстаками и стеллажами, приспособлениями для статической и динамической балансировки роторов и якорей электрических машин, испытательным стендом для выполнения всего комплекса послеремонтных испытаний электрических машин и трансформаторов.

Испытательная станция должна быть размещена в отдельном или отгороженном помещении и иметь высоковольтные испытательные электроустановки, стенды, различные приборы и соответствующие средства защиты.

Электроремонтный цех должен располагать производственными помещениями с площадями, рассчитанными на массу и габаритные размеры ремонтируемого электрооборудования, складами для хранения ремонтного фонда и отремонтированного электрооборудования, инструментальными и материальными кладовыми, подсобными и бытовыми помещениями, а также другими помещениями, число, размеры и назначение которых определяются в каждом конкретном случае принятой технологией и особыми условиями ремонта электрооборудования.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите виды износов и причины, вызывающие их.
2. В чем сущность системы ППР?
3. Чем отличается централизованная система ремонта электрооборудования от децентрализованной?

4. Перечислите работы, выполняемые при капитальном ремонте электрооборудования.

5. Какие ремонтные работы производят в ремонтно-механическом отделении электроцеха?

6. Расскажите о принципе и назначении сетевого планирования ремонтов.

ГЛАВА III УСТРОЙСТВО ТРАНСФОРМАТОРОВ

§ 17. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Трансформатором называется статическое электромагнитное устройство, имеющее две или большее число индуктивно связанных обмоток и предназначенное для преобразования посредством электромагнитной индукции одной или нескольких систем переменного тока в одну или несколько других систем переменного тока. Различают двухобмоточные трансформаторы с двумя гальванически не связанными обмотками, а также трех- и многообмоточные трансформаторы с тремя и более гальванически не связанными обмотками. Передача энергии из первичной цепи трансформатора во вторичную происходит с помощью электромагнитного поля.

Трансформатор называется силовым, если используется для преобразования электрической энергии в электрических сетях или для непосредственного питания приемников энергии. Различают силовые трансформаторы общего назначения, служащие для питания сетей или приемников электрической энергии, не отличающихся особыми условиями работы, характером нагрузки или режимом работы, и трансформаторы специального назначения, служащие для питания сетей или приемников энергии, отличающихся особыми условиями работы, характером нагрузки или режимом работы.

Силовой трансформатор предназначен для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого (более высокого или низкого) напряжения (при неизменной частоте). Передача электрической энергии на большие расстояния осуществляется, как известно, на высоких напряжениях (6, 10, 35 кВ и выше) при помощи трансформаторов и линий электропередачи. В месте потребления электроэнергии ее напряжение с помощью трансформатора понижается до требуемой величины, соответствующей напряжению электроустановок потребителей. Передача электроэнергии высоких напряжений вызвана стремлением максимально снизить потери в передающих сетях и сечение проводов линий электропередачи. Упрощенная схема передачи и распределения электрической энергии показана на рис. 28.

Силовой трансформатор — важнейший элемент электрической установки, сети и системы. Силовые трансформаторы

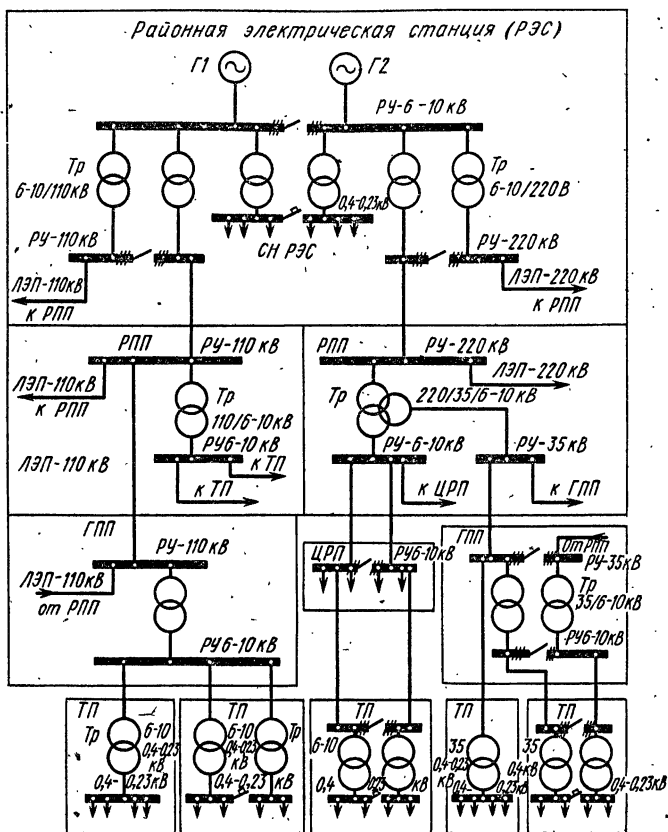


Рис. 28. Упрощенная схема передачи и распределения электрической энергии:

Г1, Г2 — генераторы электростанции, СН РЭС — собственные нужды электростанции, РПП — районная понижающая подстанция, ЦРП — центральная распределительная подстанция, ГПП — главная понижающая подстанция предприятия

различают: по способу охлаждающей среды — масляные и сухие; по числу обмоток — двухобмоточные и трехобмоточные; по количеству фаз — однофазные и трехфазные.

Силовые трансформаторы характеризуются номинальными величинами, а также током и потерями холостого хода, напряжением, потерями и режимом короткого замыкания.

Номинальными называют величины, на которые рассчитан трансформатор: мощность, высшее и низшее напряжение, токи, частота и др.

Номинальная мощность трансформаторов выражается полной электрической мощностью в киловольт-амперах (кВ·А). В соответствии с ГОСТ 721—74 трансформаторы выпускают на определенные стандартные номинальные мощности и напряжения. Номинальное первичное напряжение — это напряжение, на которое рассчитана первичная обмотка трансформатора; номинальное вторичное напряжение — это напряжение на зажимах вторичной обмотки при холостом ходе трансформатора и номинальном напряжении на зажимах первичной обмотки. Номинальные токи определяются соответствующими номинальными значениями мощности и напряжения. Номинальной частотой для силовых трансформаторов в СССР является 50 Гц.

Током холостого хода называют ток, который при номинальных напряжении и частоте устанавливается в одной из обмоток при другой разомкнутой обмотке в двухобмоточном трансформаторе. Потери, возникающие при этом в трансформаторе, называют потерями холостого хода. Ток холостого хода обычно выражается в процентах номинального.

Напряжением короткого замыкания двухобмоточного трансформатора является напряжение, которое при номинальной частоте следует подвести к зажимам одной из обмоток при замкнутой накоротко другой обмотке, чтобы в них установились номинальные токи. Обычно напряжение короткого замыкания выражается в процентах номинального напряжения обмотки ($U_k, \%$). Потери, возникающие в трансформаторе при этом режиме, называют потерями короткого замыкания.

Для определения U_k опыт короткого замыкания проводят при замкнутой накоротко вторичной обмотке и первичном напряжении, пониженном настолько, чтобы токи в обмотках не превысили их номинальные значения. Этот опыт может производиться со стороны любой из двух обмоток трансформатора. Он входит в число обязательных контрольных испытаний, которым подвергается каждый силовой трансформатор перед выпуском с завода.

Режим короткого замыкания, возникающий случайно в процессе эксплуатации при номинальном первичном напряжении, является аварийным процессом, сопровождающимся весьма большими токами в обмотках. Многократное превышение токов по сравнению с номинальными токами может привести к повреждению изоляции обмоток вследствие нагрева и разрушению последних механическими силами, возникающими при этом режиме между обмотками.

В нашей стране напряжения короткого замыкания стандартизованы для всех трансформаторов общепромышленного применения в зависимости от их мощности и класса напряжения. Так, например, для трансформаторов мощностью 1000—500 кВ·А напряжение короткого замыкания должно быть 5,5% для обмоток ВН на 10 кВ, 6,5% для обмоток ВН на 35 кВ,

а для трансформаторов мощностью $6300 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ — $7,5\%$ для обмоток ВН на 35 кВ .

Для поддержания вторичного напряжения постоянным большинство трансформаторов имеет отключения на обмотках ВН: для переключения без возбуждения (ПБВ), т. е. при отключении всех обмоток трансформатора от сетей; для регулирования под нагрузкой (РПН). Управление переключающими устройствами аппаратов РПН — дистанционное и автоматизированное, но может осуществляться также и вручную. При дистанционном управлении переход с одной ступени на другую (соседнюю) требует около 3 с.

Если обеспечение пожарной безопасности установки является решающим обстоятельством (пожароопасные производственные цехи, лаборатории, общественные здания), часто применяют сухие (безмасляные) трансформаторы. Они предназначены для установки в сухих закрытых помещениях с относительной влажностью воздуха не выше 65% и температурой до 35°C при отсутствии в атмосфере паров кислот и других агрессивных веществ. По принципу действия и конструкции основных частей (магнитопроводов, обмоток и др.) сухие силовые трансформаторы аналогичны масляным.

Силовые трансформаторы могут работать раздельно; т. е. не будучи электрически связанными с другими трансформаторами электроустановки, или параллельно с одним или несколькими трансформаторами электроустановки.

Параллельной называют работу двух или нескольких трансформаторов при параллельном соединении их обмоток как на первичной, так и на вторичной стороне. При параллельном соединении одноименные зажимы трансформаторов присоединяются к одному и тому же проводу сети.

Для правильного распределения нагрузки между параллельно работающими трансформаторами пропорционально их номинальным мощностям их параллельная работа допускается при следующих условиях: равенстве номинальных первичных и вторичных напряжений (разность коэффициентов трансформации возможна не более $\pm 0,5\%$); тождественности групп соединения обмоток; равенстве напряжений короткого замыкания (отклонение от средней величины может быть не более чем на $\pm 10\%$).

При несоблюдении первого и второго условий в обмотках трансформаторов возникают уравнительные токи, которые иногда, особенно при несовпадении групп, могут достигнуть опасного значения. Несоблюдение третьего условия приводит к тому, что общая нагрузка распределяется между трансформаторами не пропорционально их номинальным мощностям.

Силовые трансформаторы рассчитаны на допустимые нагрузки и перегрузки.

Допустимой нагрузкой называется длительный режим работы трансформатора, при котором расчетный износ (старение)

изоляции обмоток от нагрева не превосходит износа, соответствующего номинальному режиму работы. *Перегрузкой* трансформатора считается такая нагрузка, при которой расчетный износ изоляции обмоток, соответствующий установившимся превышениям температуры, превосходит износ, соответствующий номинальному режиму работы.

Нагрузочной способностью является совокупность допустимых нагрузок и перегрузок трансформатора. Исходный режим для определения нагрузочной способности — номинальный режим работы трансформатора при номинальных условиях места установки и охлаждающей среды, определяемых соответствующим стандартом или техническими условиями.

Каждый трансформатор снабжен щитком из материала, стойкого к атмосферным воздействиям. Щиток прикреплен на видном месте к баку трансформатора и содержит его номинальные данные, которые нанесены травлением, гравировкой, выбиванием или другим способом, обеспечивающим видимость и долговечность знаков.

К этим данным, взятым из паспорта трансформатора, относятся: тип трансформатора; номинальные мощность, напряжения и токи обмоток ВН и НН; токи короткого замыкания; число фаз; схему и группу соединения обмоток; частоту тока; режим работы (длительный или кратковременный); способ охлаждения; род установки (внутренней или наружной); массу трансформатора и активной части. Кроме номинальных данных на щитке указываются наименование завода-изготовителя, год выпуска и заводской номер трансформатора. Последний выбит также на баке (под щитком), на крышке (у ввода ВН фазы А) и на верхней полке ярмовой балки магнитопровода.

Условное обозначение трансформаторов состоит из двух частей — буквенной и цифровой. Буквы в обозначении трансформатора означают: на первом месте — число фаз (О — для однофазных; Т — для трехфазных); на втором — вид охлаждения (М — естественное масляное; Д — масляное с дутьем и естественной циркуляцией; ДЦ — масляное с дутьем и принудительной циркуляцией; МВ — масляно-водяное с естественной циркуляцией масла; Ц — масляно-водяное с принудительной циркуляцией масла; С, СЗ и СГ — естественное воздушное охлаждение соответственно при открытом, закрытом и герметизированном исполнении; у трансформаторов, заполненных негорючим жидким диэлектриком, вид охлаждения указывают буквами (Н — естественное охлаждение и НД — охлаждение с дутьем); на третьем месте — число обмоток, работающих на самостоятельные сети (если обмоток более двух, трехобмоточный трансформатор обозначают буквой Т); на четвертом — выполнение одной из обмоток с устройством для регулирования напряжения под нагрузкой РПН (его наличие указывается буквой Н); на пятом — грозоупорное исполнение обмоток (Г — для

трансформаторов выпуска прошлых лет). Цифры указывают номинальную мощность и класс напряжения обмоток ВН трансформатора. Например, трансформатор ТДТНГ-20000/110 расшифровывается так: трехфазный, с дутьевым (форсированным) охлаждением, трехобмоточный, с регулировкой напряжения под нагрузкой, с грозоупорной изоляцией, с номинальной мощностью 20 000 В·А и классом напряжения обмоток ВН 110 кВ.

Отечественной промышленностью выпускаются силовые трансформаторы следующих стандартных мощностей: 10, 16, 25, 40 и 63 В·А с увеличением каждого из значений в 10, 100, 1000 и 10 000 раз.

Для масляных силовых трансформаторов общего назначения номинальными условиями места установки и охлаждающей среды являются: высота над уровнем моря не более 1000 м; температура охлаждающей среды — для воды не более +25 °С у входа в охладитель, для воздуха — естественно изменяющаяся температура охлаждающего воздуха (не более +40 °С при среднесуточной его температуре не выше +30 °С и среднегодовой не выше +20 °С); температура окружающего воздуха не ниже -45 °С.

Простой по конструкции силовой трехфазный двухобмоточный трансформатор небольшой мощности (1800 кВ·А) показан на рис. 29. Выпускаемые заводами-изготовителями мощные трехобмоточные силовые трансформаторы имеют более сложную конструкцию. Например, трансформатор ТДТГ мощностью 16 000 кВ·А и напряжением 110 кВ (рис. 30) снабжен рядом дополнительных устройств, обеспечивающих его длительную нормальную работу. Трансформатор содержит ввод 1 (ВН) — маслonaполненный с контролируемым уровнем масла в нем при помощи указателя 3; термосифонный фильтр 19, обеспечивающий непрерывную очистку и регенерацию всего объема масла; воздухоосушитель 12, предотвращающий увлажнение масла и, следовательно, сохраняющий его высокую диэлектрическую прочность; радиаторы (трубчатые охладители) 24, снабженные вентиляторами 26, которые обеспечивают хорошую циркуляцию и охлаждение масла; проушину 13, облегчающую и упрощающую подъем активной части при необходимости осмотров или ремонтов ее отдельных деталей. В современных мощных силовых трансформаторах используют электроизоляционные материалы, обладающие более высокими диэлектрическими показателями, новые конструкции магнитопроводов, обмоток, переключателей и других частей трансформатора.

В электроустановках кроме силовых трансформаторов применяют измерительные трансформаторы — трансформаторы тока и трансформаторы напряжения.

Трансформатор тока — это электрический аппарат, предназначенный для снижения тока первичной цепи до значения, при котором наиболее целесообразно осуществлять питание

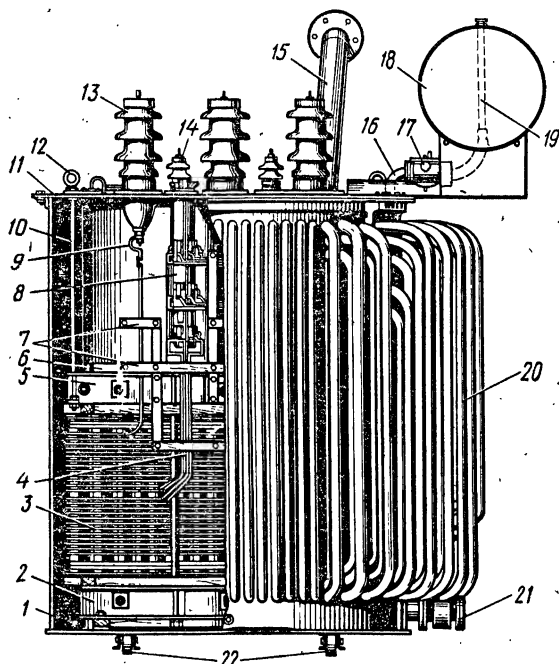


Рис. 29. Силовой трехфазный двухобмоточный трансформатор III габарита с масляным охлаждением: 1 — бак, 2 и 5 — нижняя и верхняя ярмовые балки магнитопровода, 3 — обмотка ВН, 4 — регулировочные отводы к переключателю, 6 — магнитопровод, 7 — деревянные планки крепления отводов, 8 — отвод от обмотки ВН, 9 — переключатель, 10 и 12 — подъемные шпилька и кольцо (рым), 11 — крышка бака, 13 и 14 — вводы ВН и НН, 15 — выпускная труба, 16 — маслопровод, 17 — газовое реле, 18 — расширитель, 19 — указатель уровня масла, 20 — маслоохладительные (циркуляционные) трубы, 21 — маслоспускной кран, 22 — каток тележки

соответствующих цепей измерительных приборов, устройств релейной защиты, автоматики, сигнализации и управления.

Трансформаторы тока применяют при измерении больших токов, когда включение приборов непосредственно на токи контролируемой цепи невозможно. Наличие трансформаторов тока позволяет устанавливать измерительные приборы на значительном расстоянии от контролируемых цепей и таким образом концентрировать их в одном месте, например на щите или пульте управления, находящемся под наблюдением дежурного персонала.

Трансформатор тока состоит из замкнутого сердечника, набранного из тонких листов электротехнической стали, и

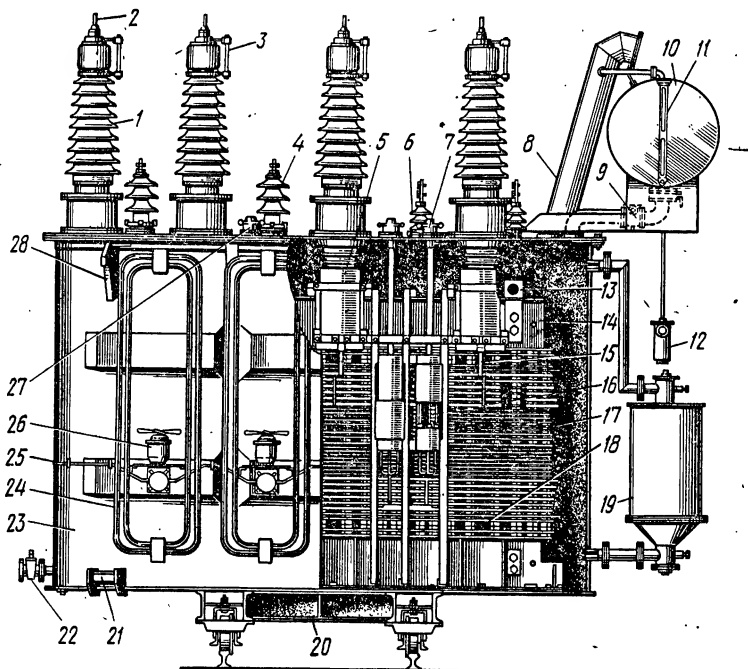


Рис. 30. Силовой трехфазный трехобмоточный трансформатор ТДТГ-16000/110:

1 — маслонаполненный ввод ВН (110 кВ), 2 — токопроводящий стержень (шпилька), 3 — указатель уровня масла ввода ВН, 4 и 6 — вводы СН (35 кВ) и НН (10 кВ), 5 — бумажно-бакелитовый цилиндр ввода ВН, 7 — привод переключающего устройства обмотки ВН, 8 — предохранительная труба, 9 — газовое реле, 10 — расширитель (консерватор), 11 — указатель уровня масла в расширителе, 12 — воздухоосушитель, 13 — проушина для подъема активной части, 14 — ярмовая балка, 15 — линейный отвод ВН, 16 — переключающее устройство обмотки ВН, 17 — обмотки ВН, 18 — экранирующие (емкостные) витки обмотки ВН, 19 — термосифонный фильтр, 20 — тележка с катками, 21 — площадка для установки домкрата, 22 — маслоспускной кран, 23 — бак, 24 — радиатор (трубчатый охладитель), 25 — электродвигатель с крыльчаткой (вентилятор), 26 — электродвигатель с крыльчаткой (вентилятор), 27 — привод переключающего устройства обмотки СН, 28 — крюк для подъема трансформатора

двух обмоток — первичной и вторичной. Первичную обмотку трансформатора тока включают последовательно в контролируемую цепь, а к вторичной обмотке присоединяют токовые катушки различных контрольных и измерительных приборов. Первичные обмотки трансформаторов тока выполняют на номинальные токи от 5 до 10 000 А, а вторичные — обычно на 5 А, а иногда на 1 А.

Трансформаторы тока подразделяют на пять классов точности от 0,2 до 10. Трансформаторы тока класса точности 0,2 применяют только для лабораторных измерений, а 0,5; 1 и 3 — преимущественно в промышленных электроустановках. Класс точности характеризует величину допустимых погрешностей трансформаторов при номинальных токах.

Условное обозначение трансформаторов тока состоит из двух частей — буквенной и цифровой. Буквенная часть содержит обычно от двух до пяти букв, указывающих следующее: Т — трансформатор тока, П — проходной, О — одновитковый или М — многовитковый, Л — с литой изоляцией, Ф — с фарфоровой изоляцией. Буквы в обозначении располагаются в определенной последовательности, но начинаются всегда с Т. При отсутствии в обозначении буквы П трансформатор тока является опорным. Цифры после букв в обозначении указывают номинальное напряжение трансформатора тока.

На щитке каждого трансформатора тока указываются: наименование завода-изготовителя, тип трансформатора тока, заводской номер и год выпуска; номинальные напряжения (кВ) и частота (Гц); номинальный коэффициент трансформации (отношение номинальных первичного и вторичного токов); для каждого сердечника — класс точности или исполнение для релейной защиты и вторичная нагрузка, при которой гарантируется класс точности; 10%-ная кратность при указанной на щитке вторичной нагрузке, кратность термической устойчивости или динамическая устойчивость.

Трансформаторы напряжения имеют большое конструктивное сходство с силовыми трансформаторами и служат для питания цепей напряжений различных приборов (ваттметров, счетчиков и других) и реле. Первичные обмотки трансформаторов напряжения включают параллельно в сеть. Номинальное напряжение на зажимах вторичной обмотки — 100 В. Измерительные приборы и реле включают во вторичную цепь трансформатора напряжения параллельно. Шкалы включаемых измерительных приборов должны быть отградуированы в соответствии с номинальным напряжением первичной обмотки.

Трансформаторы напряжения изготавливают однофазными и трехфазными. Трехфазные трансформаторы бывают трех- или пятистержневыми. Схемы включения однофазных и трехфазных трансформаторов напряжения выбирают в зависимости от системы сети, исполнения трансформатора и его назначения в данной электроустановке.

Буквы и цифры в условном обозначении трансформаторов напряжения означают следующее: буквы — Н — трансформатор напряжения, О — однофазный, М — масляный, С — сухой, К — залитый компаундом (НОСК) или с компенсационной обмоткой (НТМК), И — пятистержневой (для включения приборов контроля изоляции), Т — трехфазный (НТМИ); цифры после букв — номинальное напряжение обмотки ВН.

Магнитопровод* силового трансформатора представляет собой комплект пластин электротехнической стали или другого ферромагнитного материала, собранных в определенную геометрическую форму, и служит для локализации в нем основного магнитного поля трансформатора. Он является важнейшим и конструктивно сложным элементом трансформатора, участвующим в энергопреобразующем процессе и вместе с обмотками составляющим его активную часть. Магнитопровод обладает магнитным сопротивлением, зависящим от длины цепи, его поперечного сечения и свойств материала, из которого он собран, — магнитной проницаемости стали. Чтобы при данном магнитном потоке и, следовательно, заданной плотности потока на единицу поперечного сечения (магнитной индукции) уменьшить намагничивающий ток, необходимо значительно снизить магнитное сопротивление активной части магнитопровода, т. е. изготовить его из материала, обладающего высокой проницаемостью. Такими материалами являются горячекатаные и холоднокатаные электротехнические (трансформаторные) стали.

В трансформаторостроении ранее применяли электротехнические стали следующих марок — горячекатаную Э22, Э41, Э42, Э43, Э43А и холоднокатаную текстурованную Э310, Э320, Э330, Э330-А, Э330-АП. В настоящее время используют сталь 38 марок (ГОСТ 21427.0—75). Обозначения марок стали состоят из четырех цифр: первая цифра указывает класс по структурному состоянию и виду проката; вторая — содержание кремния, третья — группу по основной нормируемой характеристике, четвертая — порядковый номер типа стали.

Электротехнические стали подразделяют: *по структурному состоянию и виду проката* на три класса (первый — горячекатаная изотропная**, второй — холоднокатаная изотропная, третий — холоднокатаная анизотропная***); *по содержанию кремния* на шесть групп; *по основной нормируемой характеристике* на пять групп, определяемых по удельным потерям при соответствующих магнитной индукции и частоте.

Горячекатаную изотропную электротехническую сталь изготавливают в виде листов (ГОСТ 21427.3—75), различаемых по точности проката и толщине — нормальной (Н) и повышенной.

* Магнитопровод — это краткая форма стандартного термина «магнитная система».

** Изотропными называют материалы с одинаковыми физическими свойствами по всем направлениям.

*** Анизотропными называют материалы, свойства которых не одинаковы по различным направлениям. Трансформаторы с остовом магнитопровода из анизотропной текстурованной электротехнической стали примерно на 20—30% легче трансформаторов с остовом магнитопровода из обычной и широко ранее применяемой горячекатаной стали.

ной (П) точности. Листы стали поставляются в термически обработанном состоянии с травленной (Т) или нетравленной (НТ) гладкой поверхностью, не имеющей ржавчины, отслаивающейся окалины и иных дефектов, препятствующих нанесению на нее изоляции.

Холоднокатаную анизотропную электротехническую сталь выпускают в соответствии с ГОСТ 21427.1—75 и стандартом СЭВ СТ 102—74 и по виду покрытия подразделяют: с электроизоляционным термостойким (ЭТ), не ухудшающим штампуемость — мягкое (М), без покрытия (БП). Холоднокатаную изотропную электротехническую сталь выпускают 11 марок с термостойким электроизоляционным покрытием (ЭТ), с нетермостойким (Э) и без покрытия (БП).

Магнитные свойства электротехнических сталей характеризуются намагничиванием, а потери в них от вихревых токов и гистерезиса определяются удельными потерями (потерями в 1 кг стали при частоте 50 Гц и синусоидальном напряжении). В трансформаторостроении применяют листовую и рулонную электротехническую сталь преимущественно толщиной 0,35 и 0,5 мм.

Магнитопроводы трансформаторов собирают из пластин электротехнической стали, изолированных пленкой жаростойкого покрытия или лака *. Магнитопроводы представляют собой жесткую конструкцию, на которой устанавливают и закрепляют обмотки НН и ВН, отводы, переключатели и другие детали активной части трансформаторов. Выпускают два типа магнитопроводов: стержневой и броневого. Наиболее распространен стержневой магнитопровод (рис. 31), который состоит из вертикальных стержней 1 со ступенчатым сечением, вписывающихся в круг. На стержнях расположены обмотки 2 цилиндрической формы. Верхняя и нижняя части магнитопровода, замыкающие стержни и не имеющие обмоток, называются ярмами магнитопровода. Ярма, связывая все стержни магнитопровода, образуют замкнутую магнитную цепь и одновременно придают определенную жесткость и механическую прочность конструкции, что крайне необходимо, так как на магнитопровод часто действуют большие динамические усилия, вызываемые короткими замыканиями в сети.

Броневого магнитопровод (рис. 32) имеет горизонтально расположенные прямоугольные стержни, на которых размещаются обмотки прямоугольной формы.

В нашей стране находится в эксплуатации небольшое количество трансформаторов иностранных фирм и отечественного

* Пластины остова магнитопровода трансформаторов старых конструкций изолированы тонкой бумагой, приклеенной к пластине. Такие трансформаторы еще встречаются довольно часто в ремонтной практике.

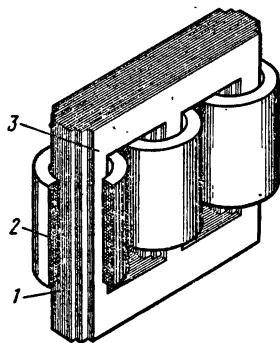
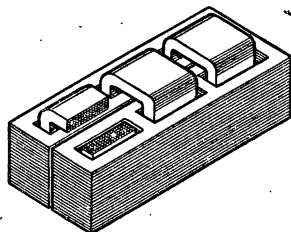


Рис. 31. Стержневой магнитопровод:
1 — стержень, 2 — обмотка, 3 — ярмо

Рис. 32. Броневой магнитопровод



изготовления с магнитопроводами броневого типа. Большинство из них имеется в трансформаторах старых конструкций. Ремонтные предприятия при необходимости производят реконструкцию таких трансформаторов, значительно повышая их мощность и улучшая характеристики. В настоящее время броневые магнитопроводы в трансформаторах общего назначения не применяются из-за сложности технологии их изготовления. Их используют только в некоторых типах специальных трансформаторов, например печных.

По способу соединения стержней с ярмами различают стыковую и шихтованную конструкции магнитопроводов.

При стыковой конструкции стержни и ярма собирают раздельно, насаживают обмотки на стержни, а затем сверху приставляют верхнее ярмо. Чтобы избежать замыкания пластин, между стыкующимися частями магнитопровода помещают изоляционные прокладки из электрокартона. После установки верхнего ярма всю конструкцию прессуют и стягивают вертикальными шпильками. Стыковая конструкция существенно облегчает сборку и разборку, поскольку для насадки и демонтажа обмоток достаточно снять верхнее ярмо.

Однако стыковая конструкция магнитопровода не свободна от недостатков, имеющих существенное значение при изготовлении, ремонте и эксплуатации трансформаторов с такими магнитопроводами. К ним относят: большой ток холостого хода (приблизительно в 1,5 раза), чем у магнитопроводов шихтованной конструкции, и повышенное гудение трансформатора при его работе. Большой ток холостого хода — следствие сплошных немагнитных зазоров между ярмами и стержнями. Сила этого тока зависит от точности резки, штамповки стали и сборки магнитопровода, а также толщины изоляционной прокладки, закладываемой в стыки. Чем толще эта прокладка и хуже точность обработки стали, тем выше магнитное сопротивление и соответственно намагничивающий ток. Основным затруднением при ремонте стыкового магнитопровода

является создание ровных стыковых поверхностей ярм и стержней. При перекосе стыка или неодинаковом сжатии прокладок на разных стержнях плохо стянутые в осевом направлении стержни под действием силы магнитного притяжения начинают вибрировать между ярмами, разбивая изоляционную прокладку. В этом случае листы активной стали стержней и ярм замыкаются и в трансформаторе могут возникнуть замкнутые контуры тока, приводящие к серьезной аварии («пожару в стали»).

В настоящее время магнитопроводы силовых трансформаторов общего назначения изготавливают шихтованными. Стержни и ярма собирают в переплет, т. е. разбивают по толщине на слои (обычно по два или три листа), составленные из отдельных пластин так, чтобы в каждом слое часть пластин стержня заходила в ярмо. При этом пластины одного слоя перекрывают стыки пластин смежного слоя. Преимуществами шихтованной конструкции перед стыковой являются меньшая масса и большая механическая прочность, небольшие зазоры в местах стыков и ток холостого хода трансформаторов.

Однако при шихтованной конструкции усложняется сборка трансформатора: для насадки на стержни обмоток приходится сначала расшихтовать верхнее ярмо по отдельным слоям, а затем после насадки обмоток вновь зашихтовать. Аналогичные операции производятся и при ремонте трансформаторов с поврежденными обмотками. Шихтовка требует большей тщательности выполнения операций и предельного сокращения зазоров между пластинами стержня и ярма, так как увеличенные зазоры между ними ухудшают условия прохождения магнитного потока и увеличивают ток холостого хода трансформатора.

В отечественном трансформаторостроении в конструкциях стержневых магнитопроводов применяют «косой стык» (образуемый пластинами, стороны которых срезаны чаще всего под углом 45°) с целью уменьшения участка магнитной цепи, на котором направление магнитного потока линий магнитной индукции не совпадает с направлением прокатки листов стали. Для холоднокатаной электротехнической стали, из которой в настоящее время изготавливают магнитопроводы силовых трансформаторов, это имеет существенное значение, поскольку ее магнитная проводимость вдоль прокатки значительно выше, чем под углом к ней. В косых стыках зона некоторого несоответствия направления потока и прокатки листов ограничивается малым объемом стали, прилегающим к стыку пластин, поэтому увеличение потерь на этом участке меньше.

Шихтовка магнитопроводов с косыми срезами в пластинах сложнее, чем с прямоугольными листами, в связи с чем усложняется также устройство стяжки ярм, поэтому трудоемкость сборки магнитопровода с косыми стыками значительно увеличивается. В некоторых конструкциях трехфазных магнито-

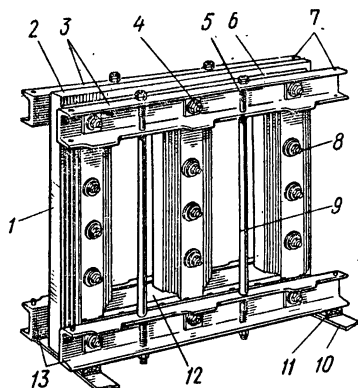


Рис. 33. Магнитопровод трансформатора мощностью 1800 кВ·А со стяжными шпильками, пропущенными в отверстия стержней и ярм:

1 — стержень магнитопровода, 2 и 12 — верхнее и нижнее ярмо, 3 и 13 — верхние и нижние ярмовые балки, 4 — горизонтальная стяжная шпилька, прессующая ярмо, 5 — вертикальная прессующая шпилька, 6 — изолирующая прокладка, 7 — отверстия для подъемных шпилек, 8 — горизонтальная стяжная шпилька, прессующая стержень, 9 — изоляционная трубка вертикальной прессующей шпильки, 10 — опорная стальная пластина, 11 — деревянная планка

проводов ограничиваются косыми стыками только у крайних стержней. Средний стержень выполняется с обычными прямыми стыками. При использовании косого стыка в конструкции магнитопровода снижаются потери холостого хода.

Стальные пластины стержней и ярм магнитопровода должны быть прочно спрессованы, для чего в трансформаторостроении до последнего времени в активной стали создавали (путем штамповки пластин) специальные отверстия. В эти отверстия собранного магнитопровода вставлялись горизонтальные шпильки и с их помощью стягивались стержни и ярма магнитопровода. Во избежание замыкания пластин, которое может вызвать увеличение вихревых токов и сильный местный нагрев вплоть до «пожара в стали», шпильки надежно изолировали от активной стали.

Однако конструкции магнитопроводов с отверстиями в активной стали стержней и ярм (рис. 33) имеют существенные недостатки. Отверстия штампуются на специальных прессах (это одна из наиболее трудоемких операций при изготовлении магнитопроводов); вокруг каждого отверстия появляется зона механически деформированной стали (для снятия возникшего наклепа необходим отжиг пластин); отверстия уменьшают сечение и вызывают местное увеличение потерь холостого хода. Наконец, даже самая надежная изоляция шпилек, прессующих стержни и ярма магнитопровода, может со временем нарушиться с тяжелыми последствиями для трансформатора.

Поэтому в последнее время широко применяют конструкции «бесшпильчных» магнитопроводов. Существует довольно много конструкций бесшпильчных магнитопроводов, отличающихся способом прессовки стержней и ярм. Так, у трансформаторов мощностью 250—630 кВ·А стержни затягивают временными струбцинами еще в горизонтальном положении сразу после сборки. При насадке обмоток (как правило, намотанных на бумажно-бакелитовом цилиндре) струбцины снима-

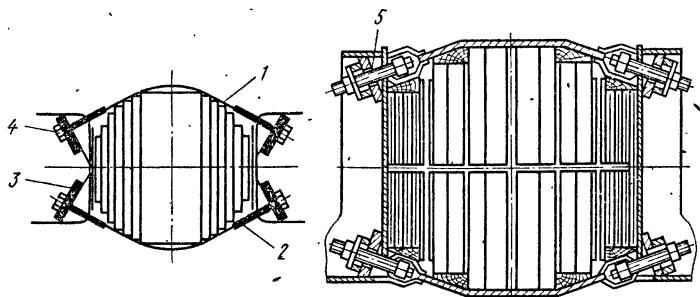


Рис. 34. Ярмо магнитопровода, запрессованное полубандажами:
1 — стальная лента, 2 — шпилька, 3 — пластина из стеклопластика, 4 —
прессующая гайка, 5 — изоляция стальной шпильки трубкой

ют, а между цилиндром и магнитопроводом устанавливают деревянные планки и клинья, жестко прессующие пластины стержня.

У трансформаторов большей мощности стержни прессуют бандажами стальными или из стеклоленты. Чтобы избежать образования замкнутого витка, стальные бандажы выполняют с изолирующей пряжкой. Бандажы из стеклоленты наматывают с помощью специального устройства, позволяющего равномерно укладывать ленту с необходимым натягом для запрессовки стержня.

Для прессовки ярм используют вынесенные за крайние стержни шпильки, стягивающие ярмовые балки (балки делают механически очень прочными), или стальные полубандажи, охватывающие верхние и нижние ярма. В некоторых конструкциях вместо полубандажей ставят стальные шпильки, требующие, однако, некоторого увеличения окна магнитопровода.

Ярмо магнитопровода, запрессованное стальными полубандажами, показано на рис. 34. Полубандаж представляет собой стальную ленту 1 шириной 40—60 мм и толщиной 4—6 мм (обычно берут две ленты толщиной по 2—3 мм). К концам ленты приваривают стальные шпильки 2, пропускаемые через пластины 3 из прочного изоляционного материала (чаще всего применяют стеклопластики). При затяжке гаек 4, наворачиваемых на шпильки, создается необходимое усилие запрессовки ярма. Чтобы избежать замыкания пластин стали ярма полубандажом, под него подкладывают коробочку из электрокартона толщиной 2—3 мм.

Однако одни полубандажи не могут создать усилий, достаточных для прессовки ярма. Для затяжки ярм обязательно применяют специальные стяжные устройства по торцам магнитопровода, вынесенные за активную сталь. Это могут быть стальные шпильки, изолированные бумажно-бакелитовыми трубками 5 от возможного замыкания со стержнем.

Во время работы трансформатора между его обмотками и заземленными частями (например, баком) существует электрическое поле. Все металлические части трансформатора, находящиеся в этом поле, заряжаются, т. е. приобретают некоторый потенциал. Между заряженными деталями и заземленным баком возникают разности потенциалов. Несмотря на малую величину они могут оказаться достаточными для пробоя небольших изоляционных промежутков, разделяющих металлические части. Пробои нежелательны, поскольку ведут к разложению и порче масла и всегда сопровождаются характерным треском, что вызывает сомнения в исправности изоляции трансформатора. Поэтому магнитопровод и детали его крепления обязательно заземляют, т. е. придают им всем одинаковый потенциал — потенциал бака (земли); возникающие при этом электрические заряды по заземлениям «стекают» с металлических деталей трансформатора в землю.

Заземляют ярмовые балки, все металлические крепления и детали, за исключением горизонтальных стяжных шпилек, потенциал которых всегда близок к потенциалу стали магнитопровода. Заземление осуществляют с помощью медных лент, вставляемых между пластинами стали магнитопровода и закрепляемых другими концами на ярмовой балке. Верхнюю и нижнюю балки связывают вертикальными стяжными шпильками, а с заземленным баком трансформатора — подъемной шпилькой.

Возможны различные способы заземления металлических деталей; они зависят от конструкции магнитопровода, крепления активной части в баке, связи между отдельными деталями. В любом случае выполнение указаний о заземлении отдельных элементов конструкции трансформатора является обязательным.

Магнитопровод — наиболее ответственная часть, от правильной сборки и способа выполнения заземления которого в значительной мере зависит нормальная и длительная работа трансформатора.

§ 19. ОБМОТКИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Основным элементом обмотки является виток, т. е. электрический проводник, или ряд параллельно соединенных проводников, который охватывает часть магнитной системы трансформатора и в котором под действием магнитного потока этой части наводится эдс. Обмоткой называют совокупность витков, образующих электрическую цепь, где суммируются эдс, наведенные в витках (с целью получения высшего, среднего или низшего напряжения трансформатора). В трехфазном трансформаторе под обмоткой обычно подразумевают совокупность обмоток ВН и НН всех трех фаз.

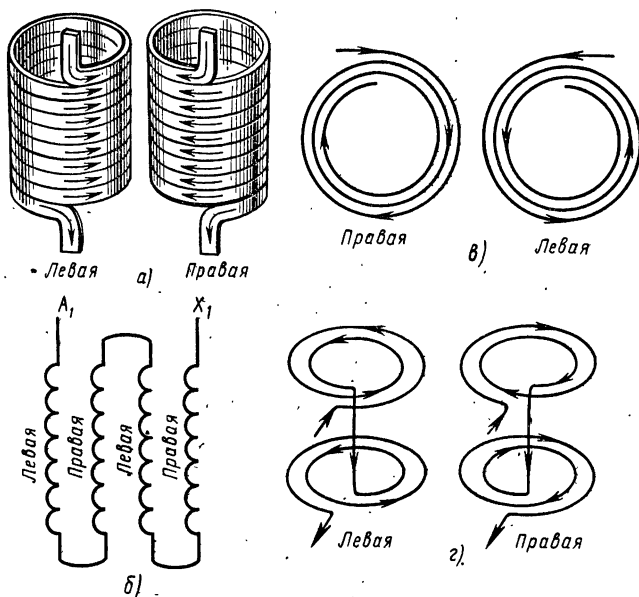


Рис. 35. Направления намотки обмоток:

а — однослойной, *б* — многослойной, *в* — дисковых спиральных оди-
нарных катушек, *г* — дисковых спиральных парных катушек

Выбор конструкции обмотки производится с учетом мощности трансформатора, отнесенной к одному стержню, металла проводника обмотки (меди или алюминия), тока обмотки одного стержня, номинального напряжения обмотки и сечения витка.

Обмотки трансформатора состоят из обмоточного провода и предусмотренных конструкцией изоляционных деталей, предназначенных для защиты витков обмотки от электрического пробоя и предотвращения их смещения под действием электромагнитных сил, а также создания охлаждающих каналов, необходимых для отвода тепла от обмоток работающего трансформатора.

Обмотки различают по направлению намотки, расположению на стержнях магнитопровода, схеме соединения отдельных элементов обмотки между собой и числу параллельных проводов.

По направлению намотки подобно резьбе винта различают правые и левые обмотки. Это относится к однослойным цилиндрическим и винтовым обмоткам (рис. 35, *а*). Направление многослойной цилиндрической обмотки считается по направлению намотки первого внутреннего слоя (рис. 35, *б*). Отдельные катушки, выполненные в виде плоской спирали, не

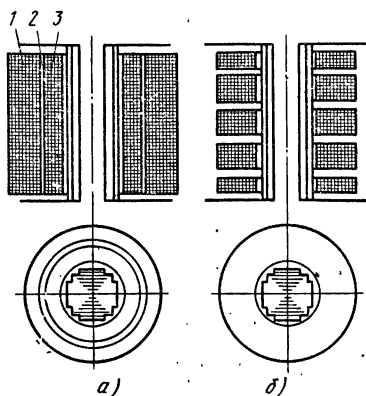


Рис. 36. Расположения обмоток ВН и НН на стержне магнитопровода: а — концентрическое, б — чередующееся; 1 — обмотка ВН, 2 — изоляционный цилиндр; 3 — обмотка НН

магнитопровода обмотку НН окружает концентрически размещенная на этом стержне обмотка ВН (рис. 36, а). Концентрически размещают только цилиндрические обмотки. Чередующимися называют обмотки НН и ВН, размещаемые на стержне магнитопровода в порядке их чередования в осевом направлении (рис. 36, б).

В соответствии с ГОСТ 11677—75 начала и концы первичных и вторичных обмоток силовых трансформаторов обозначают в определенном порядке. Начала обмоток однофазных трансформаторов обозначают буквами латинского алфавита *A*, *a*, концы — *X*, *x*. Большие буквы относятся к обмоткам высшего, а малые — к обмоткам низшего напряжений. Если в трансформаторе кроме первичной и вторичной есть еще и третья обмотка с промежуточным напряжением, ее начало обозначают *A_m*, а конец — *X_m*.

В трехфазных трансформаторах начала и концы обмоток обозначают: *A*, *B*, *C*; *X*, *Y*, *Z* — высшее напряжение; *A_m*, *B_m*, *C_m*; *X_m*, *Y_m*, *Z_m* — среднее напряжение; *a*, *b*, *c*, *x*, *y*, *z* — низшее напряжение. В трехфазных трансформаторах с соединением фаз в звезду кроме начала обмоток иногда выводят и нулевую точку, т. е. общую точку соединения концов всех обмоток, обозначаемую *O*, *O_m* и *o*.

Схемы и группы соединений обмоток трехфазных двухобмоточных трансформаторов показаны на рис. 37. Схему соединения в звезду принято обозначать знаком *Y*, а в треугольник — Δ . Если наружу выводят нулевую точку обмоток, такое

имеют направления намотки. Парные дисковые катушки считаются правыми, если провод от верхнего наружного конца идет по часовой стрелке, и левыми, если направление провода — против часовой стрелки (рис. 35, в). Это же определение распространяется и на непрерывные обмотки (рис. 35, г). Большинство обмоток трансформаторов выполняется с левой намоткой для удобства их изготовления.

По расположению обмотки на стержне магнитопровода различают концентрические и чередующиеся обмотки. Концентрическим называют такое расположение обмоток, когда насаженную непосредственно на стержень

соединение обозначают знаком Υ . Разрешается в текстовой части технической документации писать У вместо Y, Д вместо Δ и У_н вместо Υ . Если у трансформатора обмотка высшего напряжения соединена в звезду, а низшего — в треугольник, такое сочетание обмоток обозначают Y/Δ, при выведенной нулевой точке — Y₀/Δ (У/Д или У_н/Д). В числителе этой «дроби» всегда ставят обозначение обмотки высшего напряжения, в знаменателе — низшего. При наличии третьей обмотки, соединенной, например, также в звезду, обозначение третьей обмотки ставят между обозначениями обмоток высшего и низшего напряжений (Y₀/Y/Δ).

Понятия «начало» и «конец» обмотки условны, поскольку при прохождении переменного тока любой конец обмотки можно назвать началом. Однако при намотке обмоток и особенно при их взаимных соединениях необходимо использовать эти понятия.

В условном обозначении на рис. 37 цифры 12 или 0 и 11 показывают группы соединения обмоток — нулевую и одиннадцатую. В теории переменных токов синусоидально изменяющиеся во времени электрические величины (эдс, напряжения, ток) на диаграммах принято изображать векторами. Вектор вычерчивают в виде отрезка линии со стрелкой. Так, при изображении вектора напряжения стрелка указывает его направление, а отложенный в масштабе отрезок — его значение (в момент наибольшей амплитуды в течение периода). За единицу группы принят угол смещения вектора линейного напряжения обмотки НН относительно соответствующего вектора линейного напряжения обмотки ВН, равный 30°. Смещение отсчитывают от вектора линейного напряжения ВН по часовой стрелке. Так, например, группа 0 обозначает, что векторы линейных напряжений обмоток НН не смещены относительно векторов линейных напряжений обмоток ВН, т. е. они совпадают; 11-я группа соответствует смещению линейных напряжений на 330° (11, умноженное на единицу углового смещения векторов, равную 30°).

Если направление вектора линейного напряжения обмотки ВН принять за минутную стрелку часов, а направление вектора линейного напряжения обмотки НН — за часовую стрелку, то группа 0 (по старому стандарту нулевая группа называлась двенадцатой) будет соответствовать совпадению стрелок — двенадцати часам.

Получение той или иной группы при соединении обмоток в схемы зависит от направления их намотки, последовательности соединения фазных обмоток и чередования фаз при соединении в звезду или треугольник. Большое значение придается направлению намотки обмоток, поскольку от этого зависит направление эдс, индуктированной в обмотке. Например, если на одном стержне расположены две обмотки

Виды соединений	Напряжение обмоток	Схемы соединения обмоток	Диаграммы векторов напряжения	Условное обозначение
Звезда-звезда с выведенной нейтралью	ВН			Y/Y_0-12
	НН			
Звезда-треугольник	ВН			$Y/\Delta-11$
	НН			
Звезда с выведенной нейтралью-треугольник	ВН			$Y/\Delta-11$
	НН			

Рис. 37. Наиболее распространенные схемы и группы соединений обмоток трехфазных двухобмоточных трансформаторов

с одинаковым направлением намотки, направления эдс в обмотках совпадут, при разном направлении намотки — будут противоположны. Поэтому во избежание ошибочной сборки и соединений схем обмоток трансформаторов используется, как указывалось ранее, деление намотки обмоток на левые и правые.

При одних и тех же схемах можно образовать различные группы соединений обмоток. Возможные группы соединений обмоток трехфазных трансформаторов при схеме, широко распространенной в трансформаторах общего применения, звезда — звезда с выведенной нейтралью на стороне НН (Y/Y_0) показаны на рис. 38.

Получение той или иной группы соединения обмоток по схеме Y/Y_0 можно проследить, пользуясь векторными диаграммами напряжений, где условно показаны обмотки ВН и НН с одинаковыми (левыми) направлениями намотки их витков (рис. 38, а, б) и разными (рис. 38, в). Некоторые группы со-

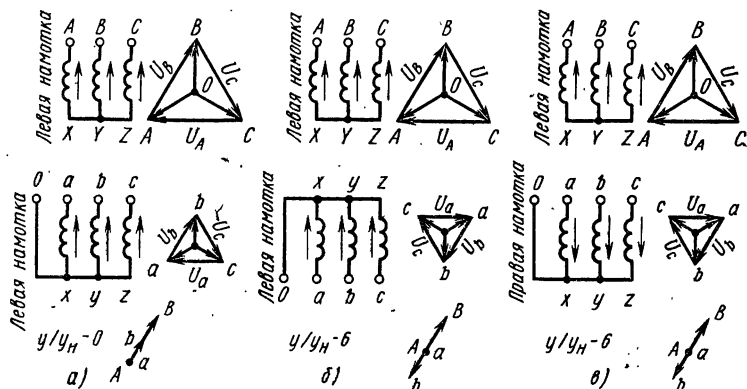


Рис. 38. Возможные группы соединения обмоток трехфазных трансформаторов при схеме звезда — звезда с выведенной нейтралью:

a — в 0-ю группу (одинаковое направление обмотки), *б* — в 6-ю группу (одинаковое направление обмотки, но начала и концы одной из обмоток перемаркированы), *в* — в 6-ю группу (разное направление обмотки)

единений одинаково направленных обмоток можно получить и при схеме Y/Δ .

Конструкции и схемы соединений обмоток трансформаторов разнообразны, но в трехфазных силовых трансформаторах I—III габаритов общего назначения применяются преимущественно цилиндрические однослойные, двухслойные, многослойные, непрерывные и винтовые обмотки, соединенные по схеме звезда — звезда с выведенной нейтралью на стороне НН. Ниже приводится краткое описание устройства этих обмоток, что позволяет лучше понять технологию ремонта трансформаторов с изготовлением новых обмоток.

Однослойная цилиндрическая обмотка из прямоугольного обмоточного провода (рис. 39, а) проста по конструкции и применяется преимущественно в трансформаторах мощностью до 250 кВ·А в качестве обмотки НН. Она может использоваться при больших мощностях, если в процессе изготовления подвергается специальной обработке, обеспечивающей ее механическую прочность при коротких замыканиях.

Слой обмотки составляют витки из одного или нескольких проводов, наматываемые по винтовой линии на бумажно-бакелитовый цилиндр. Каждый виток в слое укладывается вплотную к предыдущему в осевом направлении обмотки. Начало и конец обмотки располагают на ее противоположных торцах. Однослойную обмотку наматывают и круглым обмоточным проводом.

Для придания большей механической прочности на обмотку накладывают бандаж из стеклоленты, наматываемой с полу-

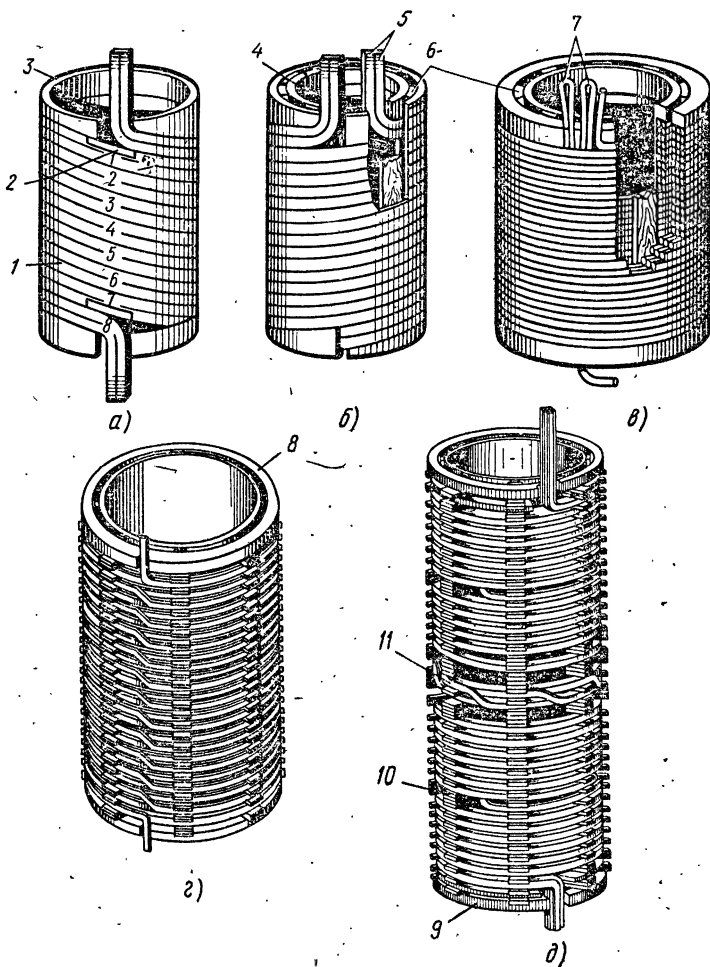


Рис. 39. Цилиндрические обмотки силовых трансформаторов:

а — однослойная, *б* — двухслойная, *в* — многослойная, *г* — непрерывная, *д* — винтовая; 1 — витки прямоугольного провода, 2 — электрокартонная коробочка для усиления крайних витков обмотки, 3 — разрезные выравнивающие кольца, 4 — бумажно-бакелитовый цилиндр, 5 — конец первого слоя обмотки, 6 — вертикальные рейки, 7 — внутренние ответвления обмотки, 8 — опорное изоляционное кольцо, 9 — концевая изоляция, 10 и 11 — групповая и общая транспозиции витков обмотки

перекрытием поверх выравнивающих колец и крайних витков. Коробочка 2 из электрокартона толщиной 0,5 мм прикрепляется к крайнему витку одним слоем хлопчатобумажной ленты, накладываемой с полуперекрытием. Ленту приклеивают, предварительно покрыв ее тонким слоем бакелитового лака.

Двухслойная цилиндрическая обмотка (рис. 39, б) состоит из витков, намотанных в два слоя медным или алюминиевым проводом прямоугольного или круглого сечения. Витки каждого слоя обмотки укладывают так же, как в однослойной обмотке. Они переходят из слоя в слой в нижней части обмотки. Начало и конец витков выведены к верхнему торцу обмотки.

Между слоями обмотки имеются вертикальные масляные каналы, образуемые вертикально установленными буковыми планками и полосами электрокартона и используемые для улучшения условий охлаждения обмотки за счет циркуляции масла по этим каналам. Для выравнивания торцевой части обмотки устанавливают по торцам каждого слоя разрезные клинообразные кольца из электрокартона.

Двухслойная обмотка применяется в основном в качестве обмотки НН силовых трансформаторов мощностью до 630 кВ·А, напряжением до 690 В.

Многослойная цилиндрическая обмотка (рис. 39, в) бывает намотана, как правило, из провода круглого сечения. Намотка осуществляется плотной укладкой витков одного к другому с переходами из слоя в слой. Намотка первого слоя производится на бумажно-бакелитовом цилиндре. Между последующими слоями укладывается несколько слоев кабельной бумаги. Для увеличения поверхности охлаждения между некоторыми слоями обмотки создают осевой канал, образованный планками из бука или рейками из клееного электрокартона.

Для защиты от механических повреждений и повышения уровня изоляции обмотки под крайние витки каждого слоя укладывают «бортик», представляющий собой узкую полосу электрокартона толщиной до 2 мм, приклеенную к более широкой ленте телефонной бумаги. В процессе намотки каждого слоя обмотки бумажная лента бортика зажимается крайними витками, а полоса картона служит опорой готовой обмотки.

Многослойные цилиндрические обмотки из круглого провода применяют в качестве обмоток ВН (реже НН) масляных трансформаторов мощностью до 630 кВ·А при напряжении 6—35 кВ и других трансформаторов более высоких классов напряжений.

Непрерывная обмотка (рис. 39, г) состоит из ряда катушек, намотанных непрерывно, т. е. без обрыва провода при переходе от одной катушки к другой. В непрерывной обмотке половина катушек (чаще нечетные) — перекладные. Число катушек, приходящихся на стержень, колеблется от 40 до 120; каждая катушка состоит из нескольких витков, намотанных

плашмя, — один виток на другой; число витков в катушке от 2 до 40. Катушки непрерывной обмотки трансформаторов I—III габаритов намотаны на рейки из электрокартона, уложенные на бумажно-бакелитовый цилиндр, которые образуют вертикальный канал вдоль внутренней поверхности обмотки. Для создания горизонтальных каналов между катушками на рейках закрепляют прокладки из электрокартона.

Виток катушки непрерывной обмотки может состоять из одного или нескольких параллельных проводов (обычно не более четырех). При использовании нескольких параллельных проводов вместо одного провода большого сечения снижаются потери от вихревых токов в обмотке. При двух (и более) параллельных проводах в витке для выравнивания их длины и сопротивления, а также положения каждого из них в магнитном поле рассеяния при переходе из катушек в катушку применяют транспонирование (перестановку) проводов, осуществляемую в процессе намотки на каждом переходе из катушки в катушку. При выполнении транспозиции перекладка каждого провода, как правило, занимает один промежуток между прокладками, таким образом количество промежутков по окружности обмотки, занятых переходами, равно количеству параллельных проводов.

Непрерывность намотки достигается перекладыванием витков в катушках, чтобы один переход был снаружи обмотки, а второй — внутри. Переход из катушки в катушку (внутренний и наружный) осуществляется на уровне крайнего (соответственно внутреннего или наружного) витка изгибом провода на ребро. Число катушек непрерывной обмотки чаще всего четное, при этом начало и конец обмотки расположены либо оба снаружи, либо оба внутри обмотки. В каждой катушке может быть целое или дробное число витков.

Непрерывные обмотки выполняют с ответвлениями для регулирования напряжения или без них. Регулировочные ответвления выводят от наружных (реже от внутренних) витков таким образом, чтобы число витков между соседними ответвлениями соответствовало одной ступени регулирования.

Непрерывные обмотки силовых трансформаторов I и II габаритов намотаны чаще всего алюминиевыми проводами АПБ, а более мощных на напряжение 35 кВ — медным проводом ПБ.

Входные катушки обмотки ВН на 110 кВ имеют частичную емкостную защиту (от перенапряжений) в виде емкостных колец и экранирующих витков. Емкостное кольцо представляет собой прессованную из электрокартона шайбу, обернутую металлической фольгой с разрывами для предотвращения образования короткозамкнутого витка; шайба изолирована несколькими слоями кабельной бумаги. Экранирующие витки выполняются из проводов с усиленной изоляцией и служат для выравнивания электрического поля во входных катушках.

Непрерывные обмотки из-за своих преимуществ распространены в трансформаторах широкого диапазона мощностей и напряжений. К ним относят: сравнительно простую конструкцию, высокую технологичность изготовления, большую поверхность охлаждения и большую опорную поверхность, делающую обмотку очень устойчивой по отношению к осевым усилиям, возникающим при коротких замыканиях.

Винтовая обмотка (рис. 39, д) состоит из ряда витков, намотанных прямоугольными проводами по винтовой линии, откуда и ее название. В отличие от многослойной винтовая обмотка является однослойной с расположением проводов в радиальном направлении один на другом по спирали. Каждый виток обмотки состоит из нескольких одинаковых параллельных проводов. Между витками проводов установлены прокладки из электрокартона, образующие масляные каналы для отвода тепла от обмотки. Винтовую обмотку называют также многопараллельной, поскольку общее число параллельных проводников в обмотке может достигать нескольких десятков. В зависимости от числа параллельных проводов и витков винтовая обмотка выполняется одноходовой или многоходовой, т. е. состоит из одной, двух или более отдельных винтовых обмоток, вмотанных одна в другую в процессе изготовления.

Поскольку параллельные провода винтовой обмотки расположены концентрически и поэтому находятся на разном расстоянии от ее оси, то, если не произвести их транспонирование, обмотки, расположенные ближе к оси, будут меньшего диаметра и, следовательно, короче, а более удаленные от оси — большего диаметра и длиннее. Разница в длине и положении в магнитном поле рассеяния параллельных проводов вызовет неравенство их активных и индуктивных сопротивлений, а следовательно, неравномерное распределение тока между ними и повышенный нагрев нижних по сечению витка проводов.

В винтовых обмотках применяют различные виды транспозиций. В одноходовой обмотке обычно используют комбинацию двух видов транспозиций: групповую, когда параллельные провода делятся на две группы и обе меняются местами, и общую, когда изменяется взаимное расположение всех параллельных проводов. Кроме того, применяют транспозицию Бюда, состоящую из двух групповых транспозиций и одной общей.

В двухходовой винтовой обмотке используют равномерно распределенную транспозицию, называемую транспозицией Хобарта. При этом виде транспозиции перестановка проводов из одной группы в другую производится через равные промежутки по всей длине обмотки. Количество перестановок в обмотке обычно равно числу параллельных проводов. Принципиальные схемы транспозиций проводов в одноходовой и двухходовой обмотках показаны на рис. 40, а, б.

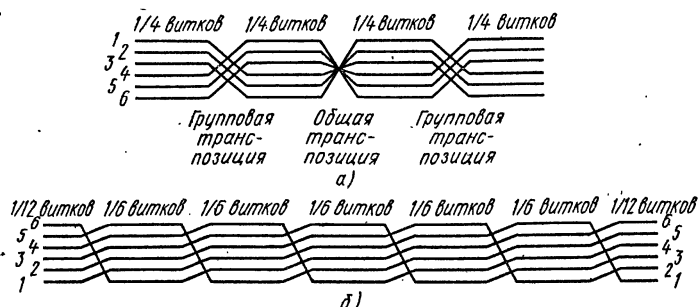


Рис. 40. Принципиальные схемы транспозиции проводов в винтовых обмотках:

а — в одноходовой при групповой и общей транспозициях проводов, *б* — в двухходовой при равномерно распределенной транспозиции проводов. Цифрами указаны номера транспонируемых проводов

Винтовая обмотка обладает значительной торцевой поверхностью, высокой механической прочностью и развитой поверхностью охлаждения. Она устойчива к значительным осевым усилиям, воздействующим на обмотку при коротких замыканиях. Винтовая обмотка применяется в силовых трансформаторах мощностью 1000 кВ·А и выше преимущественно в качестве обмоток НН.

Для изготовления обмоток силовых трансформаторов общего назначения применяют медные и алюминиевые обмоточные провода круглого и прямоугольного сечений изолированные: *медные* — несколькими слоями телефонной или кабельной бумаги (ПБ); одним слоем хлопчатобумажной пряжи (ПБО); двумя слоями хлопчатобумажной пряжи (ПБД); эмалью и одним слоем хлопчатобумажной пряжи (ПЭБО); лаковой эмалью и одним слоем хлопчатобумажной пряжи (ПЭЛБО); несколькими слоями телефонной или кабельной бумаги и открытой спиралью из хлопчатобумажной пряжи (ПББО); *алюминиевые* — несколькими слоями телефонной или кабельной бумаги (АПБ); двумя слоями хлопчатобумажной пряжи (АПБД); несколькими слоями телефонной или кабельной бумаги и открытой спиралью из хлопчатобумажной пряжи (АПББО).

При необходимости получения обмотки с более плотной укладкой витков, а также устранения засорения масла ворсинками хлопчатобумажной пряжи используют обмоточные провода марок ПБ и АПБ, изолированные двумя слоями бумаги.

§ 20. ПЕРЕКЛЮЧАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Переключающие устройства трансформаторов служат для регулирования напряжения путем изменения соединения ответвлений обмоток между собой или с вводом. Их применение

связано с необходимостью обеспечения потребителей электрической энергией стандартного качества по напряжению.

Отклонение напряжений от стандартных в сторону повышения или понижения одинаково отрицательно отражается на работе электроустановок потребителей. Так, например, при снижении напряжения в сети на 10% уменьшается частота вращения электродвигателей, возрастают токи и нагрев обмоток ротора и статора, приводящие к сокращению сроков их работы; при длительном повышении напряжения на 10% резко сокращается (примерно вдвое) срок службы электрических ламп накаливания. Для некоторых видов оборудования резкие колебания напряжения могут стать причиной аварийного выхода из строя.

Колебания напряжения в питающей электрической сети неизбежны вследствие изменений режимов нагрузки и других причин, чем и вызвана необходимость регулирования напряжения электрической энергии в месте ее потребления. Такое регулирование осуществляется с помощью специальных переключающих устройств, устанавливаемых в трансформаторах.

Регулирование может быть ручным или автоматическим. Ручным называют способ регулирования, при котором переключение отводов обмотки (ступеней регулирования) осуществляется вручную путем изменения положения контактов с помощью привода переключающего устройства. Автоматическое регулирование производится при помощи сложного специального устройства и без непосредственного участия оператора.

По конструкции и функциональному назначению переключающее устройство представляет собой коммутационный аппарат, состоящий из системы контактов, привода, механической передачи и различных приборов, обеспечивающих его нормальную работу.

В современных трансформаторах применяют переключающие устройства ПБВ (без возбуждения) и РПН (под нагрузкой).

Устройства переключения без возбуждения ПБВ. Подавляющее большинство силовых трансформаторов снабжено устройством ПБВ. Существуют различные конструкции переключателей ПБВ, отличающихся компоновкой, устройством контактов, приводов и других деталей, но основным элементом каждого из них является система подвижных и неподвижных контактов. Схема контактных систем переключателя выбирается в зависимости от схемы ответвлений обмотки трансформатора.

В силовых масляных трансформаторах общего назначения с устройствами ПБВ при необходимости регулирования напряжения число включенных витков изменяют переключателями ответвлений, расположенными внутри бака.

Переключатель снабжен системой подвижных и неподвижных контактов: подвижные контакты укреплены на валу, верхний конец которого выведен за пределы крышки бака тран-

сформатора и снабжен приводом; к неподвижным контактам присоединены ответвления обмотки. При повороте привода в требуемом направлении на определенный угол подвижные контакты, укрепленные на его валу, входят в соприкосновение с неподвижными, осуществляя нужное соединение витков обмотки.

Большинство находящихся в эксплуатации трехфазных силовых трансформаторов снабжено переключателями ТПСУ-9-120/6, ТПСУ-9-120/11, ТПСУ-9-120/10, 3-50/35, ПТЛ-6-200/10 и ПТЛ-9-120/35, устройство которых кратко рассмотрено ниже.

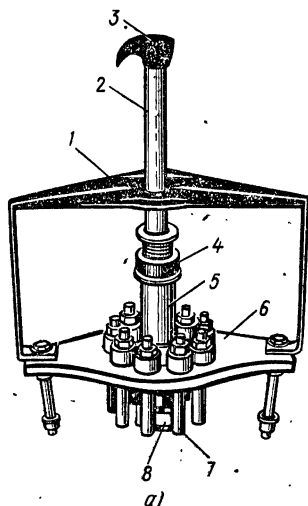
Переключатель ТПСУ-9-120/6 (рис. 41, а, б) применяют в трехфазных силовых трансформаторах мощностью до 100 кВ·А, напряжением 6 кВ на стороне ВН и без расширителей. Переключатель состоит из защитного зонта 1, стального вала 2 с укрепленной на нем рукояткой 3, муфты 4, бумажно-бакелитовой трубки 5 и гетинаксовой плиты 6, в которой на равных расстояниях друг от друга запрессовано девять бумажно-бакелитовых втулок с установленными в них контактными стержнями 7 из латуни. Стальной вал соединен с коленчатым валом, несущим на себе два подвижных сегментных контакта 8. Переключатель крепится болтами к угольникам, установленным на верхних ярмовых балках активной части трансформатора, а его вал выведен наружу через отверстие в крышке трансформатора.

Переключение производят следующим образом: нажимая на рукоятку вертикально вниз до отказа и освобождения движения вала, поворачивают его на некоторый угол, а затем, прекратив нажатие и продолжая поворачивать вал, переводят рукояткой контакты до включения их в нужное рабочее положение.

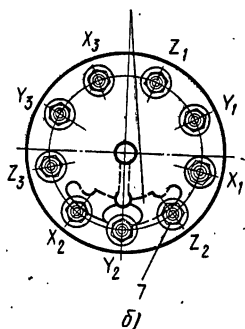
Выключатели ТПСУ-9-120/6 просты по конструкции, обслуживанию и ремонту.

Переключатель ТПСУ-9-120/11 (рис. 42, а, б) применяют в силовых трансформаторах мощностью 250—1000 кВ·А, напряжением 10 кВ. Его контактная система имеет конструктивное сходство с переключателем ТПСУ-9-120/6. Переключатель состоит из гетинаксового диска 8 с закрепленными в нем бумажно-бакелитовыми втулками 9; в которых запрессованы латунные контактные стержни 7. Управление переключателем осуществляется с помощью колпака 1, соединенного с валом, к которому, в свою очередь, прикреплен коленчатый вал 6 с двумя сегментными контактами 5. Бумажно-бакелитовый цилиндр 4 соединен одним концом с гетинаксовым диском, а другим — с крышкой. Правильное положение сегментных контактов 5 определяется положением указателя на колпаке относительно цифр I, II и III и совпадением отверстий для двух стопорных болтов 2 в колпаке и крышке сальника 3. Переключатель крепится к крышке трансформатора.

Переключатель ТПСУ-9-120/10 (рис. 43) применяют в транс-

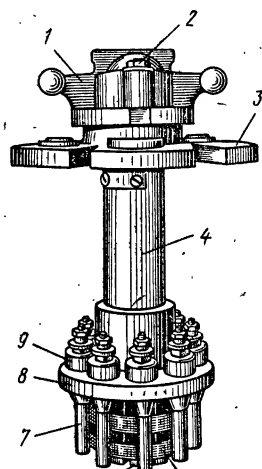


а)

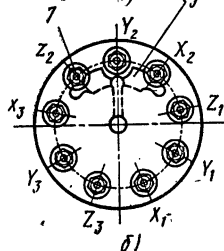


б)

Рис. 41. Устройство трехфазного переключателя ТПСУ-9-120/6 (а) и схема работы его контактов (б). Латинскими буквами обозначены контакты



а)



б)

Рис. 42. Устройство трехфазного переключателя ТПСУ-9-120/11 (а) и схема работы его контактов (б)

форматорах напряжением 6 и 10 кВ широкого диапазона мощностей. Он имеет некоторое конструктивное сходство с ранее рассмотренными переключателями и отличается от них в основном устройством и расположением контактов в бумажно-бакелитовом цилиндре. Переключатель состоит из стального вала с колпаком, бакелитового цилиндра с укрепленными на нем неподвижными контактами и коленчатого вала с подвижными контактами. Стальной вал 4 привода, проходящий через фланец 16, связан вверху с колпаком 2 привода, а внизу с бумажно-бакелитовой трубкой 11. В нижнем

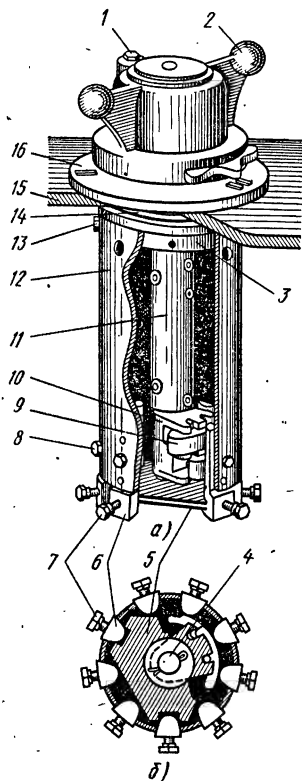


Рис. 43. Устройство трехфазного переключателя ТПСУ-9-120/10 (а) и схема работы его контактов (б):
1 — стопорный болт, 2 и 4 — колпак и вал привода, 3 — чугунный фланец цилиндра, 5 — центрирующая гетинаксовая пластина, 6 — неподвижный контакт, 7 и 9 — контактные болт и сегмент, 8 и 13 — болты крепления цилиндра, 10 — коленчатый вал, 11 и 12 — бумажно-бакелитовые трубка и цилиндр, 14 — резиновая уплотняющая прокладка, 15 — крышка трансформатора, 16 — фланец колпака

конце трубки закреплен коленчатый вал 10 с латунными контактными сегментами 9. Нижний конец коленчатого вала центрирован в гетинаксовой пластине 5. Коленчатый вал с контактными сегментами 9 закрыт снаружи бумажно-бакелитовым цилиндром 12, который болтами 13 укреплен на чугунном фланце 3.

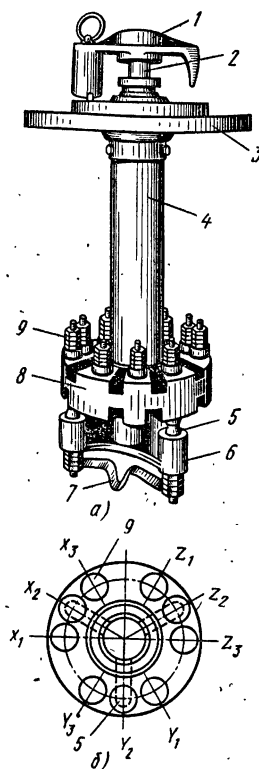


Рис. 44. Устройство трехфазного переключателя 3-50/35 (а) и схема работы его контактов (б):
1 — рукоятка, 2 — вал, 3 — крышка переключателя, 4 — бумажно-бакелитовая трубка, 5 и 9 — подвижный и неподвижный контакты, 6 — держатель, 7 — медная лента, 8 — диск

В нижнем торце цилиндра на равных расстояниях друг от друга расположены девять неподвижных латунных контактов 6, внутренняя поверхность которых имеет цилиндрическую форму. Снаружи к каждому неподвижному контакту присоединяют соответствующие ответвления обмоток, а внутри по ним скользят контактные сегменты, замыкая в каждом рабочем положении три неподвижных контакта. Для перевода подвижных контактов переключателя из одного рабочего положения в другое необходимо вывернуть стопорный болт 7 и повернуть головку привода на 120° .

Переключатель прикрепляют к крышке бака трансформатора, при этом вся контактная часть располагается под крышкой, а конец вала с колпаком выступает над крышкой бака.

Переключатель ТПСУ-9-120/10 хорошо зарекомендовал себя в эксплуатации, его рабочие контакты, рассчитанные на номинальные токи 120 А, выдерживают многократные переключения без нарушения регулировки.

Переключатель 3-50/35 (рис. 44, а) применяют в многочисленных трансформаторах мощностью до 1000 кВ·А, напряжением 35 кВ. Он имеет простую, но достаточно надежную в работе конструкцию контактов, схема работы которых показана на рис. 44, б. Переключатель устроен следующим образом. В крышке 3 переключателя проходит стальной вал 2, на верхнем конце которого крепят рукоятку 1 для переключения. Вал проходит внутри бумажно-бакелитовой трубки 4 и связан с вращающимся держателем 6.

В держателе укреплены три подвижных контакта 5, перемещающихся вместе с ним. Под действием спиральных пружин контакты могут также перемещаться на 3—4 мм вдоль своей оси; пружины прижимают подвижные контакты к нижним торцам неподвижных контактов 9. Последние проходят через отверстия в пластмассовом диске 8, в котором они закреплены. К верхней части каждого неподвижного контакта (их девять) подсоединяют ответвления обмоток, снизу пружины прижимают к ним подвижные контакты, которые соединены друг с другом медной лентой 7. Контакты переключают на другое рабочее положение поворотом рукоятки на 30° . Каждое положение переключателя фиксируется специальным фиксатором.

Переключающее устройство ПБВ типа ПТЛ получило широкое распространение в качестве регулятора напряжения силовых трансформаторов мощностью 1800—5600 кВ·А. Благодаря наличию контактов ламельного («ножевого») типа вместо сегментных контактов переключатель ПТЛ работает более надежно. Контакт ламельного типа представляет собой две профильно изогнутые медные пластины (ламели), плотно прижимаемые пружинами к контактной пластине.

Переключатели ПТЛ выпускают на напряжения трансформаторов 10 кВ (ПТЛ-9-120/10) и 35 кВ (ПТЛ-9-120/35).

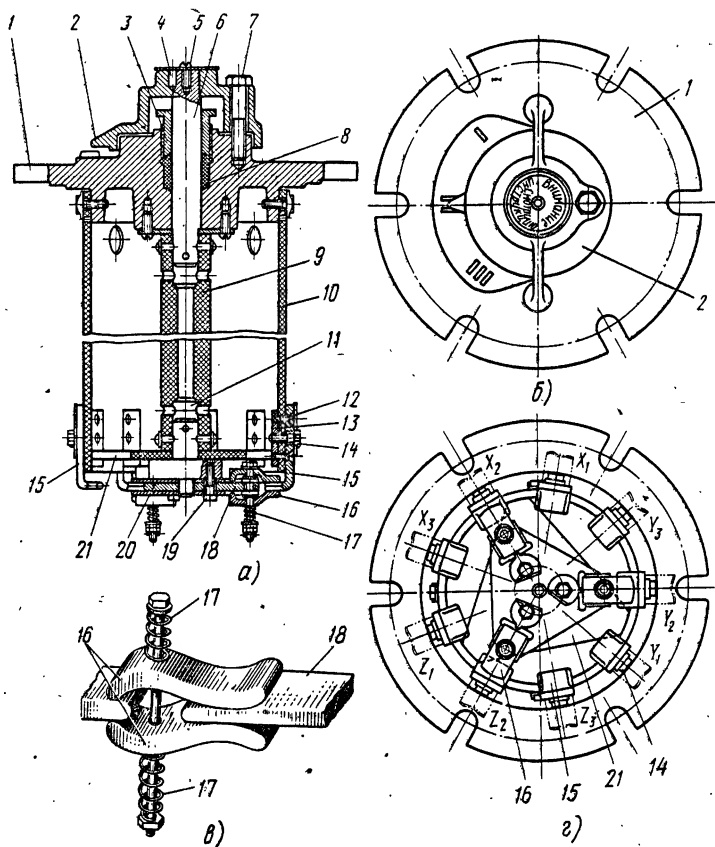


Рис. 45. Трехфазный переключатель ПТЛ-9-120/35:

а — разрез, б — вид сверху, в — устройство контакта, г — схема работы контактов

Переключатель ПТЛ-9-120/35 (рис. 45, а-г) применяют для регулирования напряжения трансформаторов III габарита для обмоток с трехступенчатым регулированием и ответвлениями близ нейтрали. Переключатель состоит из стального вала 6, уплотненного сальником 8 и гайкой 3, проходящего через металлическую сальниковую крышку 1, с помощью которой переключатель крепится к крышке трансформатора. На шлицах в торцевой части вала установлен и застопорен штифтом 4 колпак 2 с рукоятками и стрелкой, указывающей номер ступени регулирования.

В верхней части колпака имеются прикрепленная винтом 5

круглая шайба с предостерегающей надписью «Внимание! Смотри инструкцию» и болт 7, фиксирующий рабочую ступень напряжения. При ввернутом болте стрелка колпака должна показывать одну из ступеней, обозначенных на крышке римскими цифрами I, II и III. Нижний конец стального вала жестко сочленен с изоляционным валом 9, изготовленным из толсто-стенной бумажно-бакелитовой трубы, которая служит для электрической изоляции подвижных контактов от крышки переключателя и передачи вращения от верхнего приводного валика к нижнему 11 и далее к подвижным контактам. На хвостовой части валика 11 жестко закреплены (при помощи вспомогательных деталей и болтов 19) контактная пластина 18 и поводки 20. На пластине 18 установлены три пары подвижных контактов 16 ламельного типа, поджимаемых пружинами 17. Подвижные контакты составляют одно целое с контактной пластиной и образуют соединение в звезду. Систему неподвижных контактов образуют девять медных пластин 15, расположенных равномерно по окружности бумажно-бакелитового цилиндра 10 и закрепленных на нем винтами 12 и пластинами 13.

Бумажно-бакелитовый цилиндр 10, прикрепленный болтами к крышке 1, является для неподвижных контактов одновременно несущей конструкцией и электрической изоляцией. Гетинаксовая плита 21 служит основанием переключателя и деталью, центрирующей приводной вал. Регулировочные ответвления обмоток подсоединяют к неподвижным контактам болтами 14 согласно маркировке, показанной на рис. 45, г.

Регулирование напряжения с помощью переключателя ПТЛ производится следующим образом: отключают полностью трансформатор от сетей, вывертывают болт 7 из колпака, а затем поворотом рукоятки привода в нужном направлении устанавливают контактную систему в требуемом положении, указываемом стрелкой колпака, после чего ввертывают болт 7 в резьбовое отверстие и, проверив правильность выполненных операций переключения, включают трансформатор под напряжение и нагрузку.

Переключатель ПТЛ-6-200/10 (рис. 46) выпускается нескольких исполнений. В зависимости от количества ответвлений, силы тока и класса напряжений переключатели имеют типовые обозначения ПТЛ-4-120/35, ПТЛ-6-200/10, ПТЛ-6-200/35, где цифра 6 означает количество ответвлений, которые могут быть подсоединены к переключателю, 200 — номинальный ток, на который рассчитаны контакты переключателя, а 35 и 10 номинальное напряжение, на которое рассчитана изоляция переключателя.

Переключатель ПТЛ-6-200/10 на напряжение 10 кВ имеет следующее устройство. На бумажно-бакелитовом цилиндре 4 тремя ярусами закреплены выступающие внутрь цилиндра неподвижные контакты 7 (по шесть на каждую фазу). Внутри

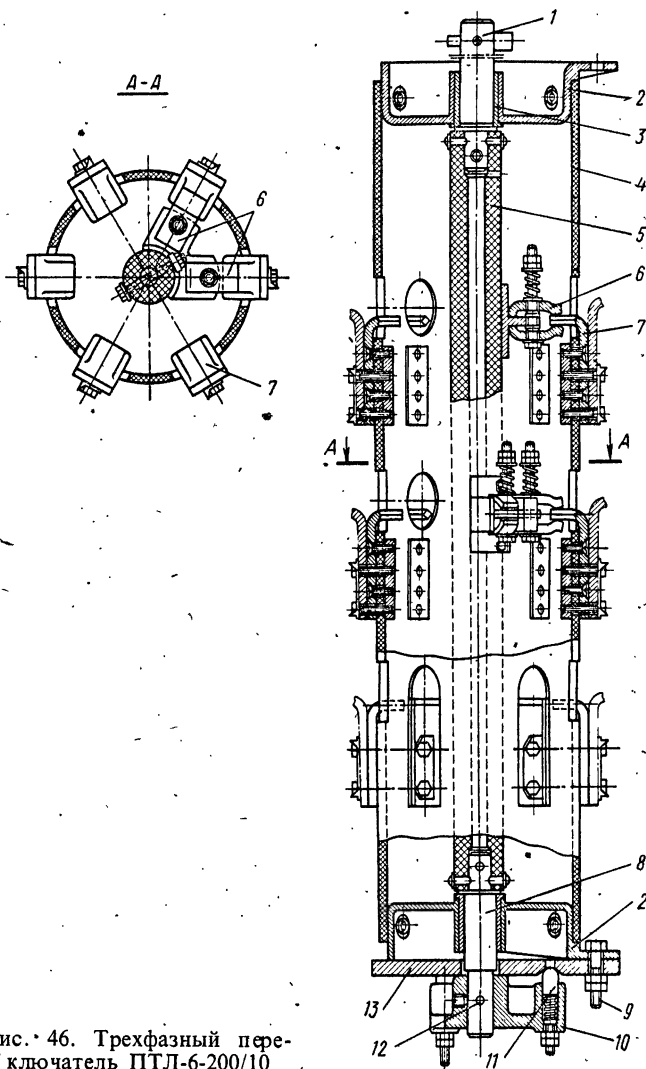


Рис. 46. Трехфазный пере-
ключатель ПТЛ-6-200/10

цилиндра проходит изоляционный вал — бумажно-бакелитовая труба 5, несущая подвижные контакты 6, замыкающие одно- временно по одной паре неподвижных контактов в каждой из фаз (в каждом ярусе). К неподвижным контактам снаружи цилиндра присоединены регулировочные отводы обмоток. Устройство подвижных контактов видно на рисунке.

Верхний конец бумажно-бакелитовой трубы соединен с основным стальным валом 1, нижний — с вспомогательным стальным валом 8. На торцах цилиндра 4 закреплены металлические фланцы 2 с втулками 3 подшипников, центрирующие и поддерживающие вал переключающего устройства. Кроме того, в нижней части цилиндра имеется диск 13, скрепленный с нижним фланцем тремя удлиненными болтами 9.

На хвостовой части вспомогательного вала жестко закреплен штифтом 12 фиксатор 10, изготовленный в виде трехлучевой звезды, в вершинах которой на пружинах установлены пальцы 11, входящие в отверстие диска и таким образом фиксирующие ступень переключения. Переключатель устанавливают на кронштейнах, прикрепленных к активной части трансформатора. Для этого в верхнем фланце предусмотрено три отверстия, а в нижнем — болты 9. Устройства ПТЛ на большие токи и напряжения (ПТЛ-6-400/10, ПТЛ-6-400/35) отличаются размерами изоляционного цилиндра, длиной бумажно-бакелитовой трубы и спаренной системой контактов, рассчитанных на токи 400 А.

Устройства переключения под нагрузкой РПН. Регулирование напряжения трансформаторов способом РПН осуществляется при помощи сложных переключающих устройств, состоящих из приводного механизма, избирательного контактора и токоограничивающего реактора или токоограничивающих резисторов.

Учитывая высокое качество электроэнергии, подаваемой потребителям, и постоянное напряжение в питающих электрических сетях, следовательно, и редкую необходимость строгой стабильности напряжения, а также относительную сложность устройств РПН, большинство не только эксплуатируемых, но и вновь выпускаемых трансформаторов снабжено простыми по конструкции и достаточно надежными переключающими устройствами ПБВ, которые уже рассматривались. Поэтому ниже приводится только краткое описание элементов, входящих в устройства РПН, и способов их размещения в трансформаторах.

Устройства РПН бывают двух исполнений: с токоограничивающим реактором и с активными токоограничивающими резисторами.

Трехфазное переключающее устройство РПН типа РНТ-13 с токоограничивающим реактором (рис. 47) состоит из привода, контактора, трехфазного избирателя и реактора.

Привод устройства РПН помещен в коробку 2, укрепленную на стенке бака 1 трансформатора, и при помощи вала 4 соединен с контактором, расположенным в баке 5, заполненном маслом, уровень которого контролируется указателем 6.

Контактор соединен с трехфазным избирателем 8 ответвлений фаз А, В и С, который составлен из трех однофазных избирателей, сочлененных при помощи бумажно-бакелитовых

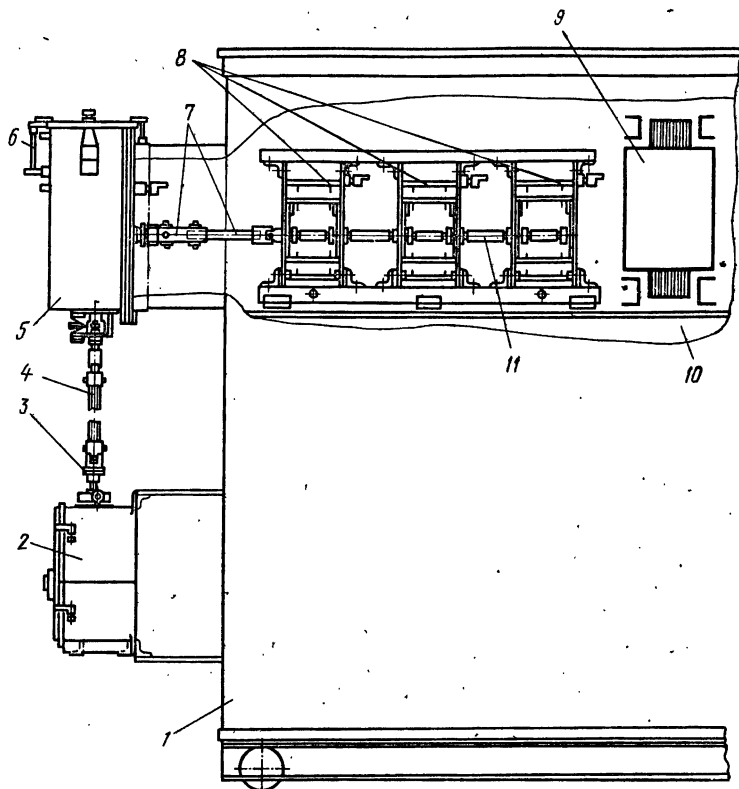


Рис. 47. Расположение частей переключающего устройства РПН типа РНТ-13 внутри трансформатора и на его баке:

1 — бак трансформатора, 2 — коробка с приводом, 3 — муфта вертикального вала, 4 — вертикальный вал, 5 — бак контактора, 6 — указатель уровня масла в баке контактора, 7 — горизонтальные валы привода, 8 — избиратели от- ветвлений фаз А, В и С, 9 — реактор, 10 — яровая балка, 11 — бумажно- бакелитовая трубка

трубок 11. Контактор и избиратель одновременно приводятся в действие приводом, который может быть включен вручную или электродвигателем, имеющимся в приводе. Полный цикл переключения со ступени на ступень происходит за один оборот главного вертикального вала 4. Привод содержит устройство кнопочного управления электродвигателем, систему сигнализации и счетчик количества переключений. Приводы обычно снабжают устройством дистанционного управления.

Избиратели снабжены контактами, действие которых про- исходит без разрыва цепи тока, поэтому они не обгорают.

Такая работа контактов не вызывает возникновения электрической дуги, способной разлагать масло, и позволяет устанавливать избиратель на ярмовой балке магнитопровода внутри трансформатора. Контактёр установлен в отдельном баке с маслом, не сообщаемым с маслом, в которое погружена активная часть трансформатора. Такое размещение контактора вызвано тем, что работа его контактов связана с разрывом электрической цепи, сопровождающейся возникновением электрической дуги, разлагающей и загрязняющей масло.

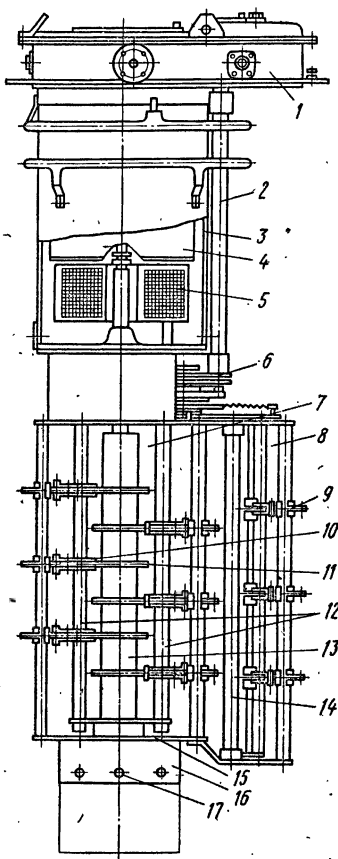
Реактор 9, представляющий собой катушку с большим индуктивным сопротивлением, установлен внутри трансформатора на ярмовой балке магнитопровода и служит для ограничения циркулирующего тока, проходящего по его обмоткам. Циркулирующий ток, проходя по обмотке реактора, вызывает в его магнитопроводе магнитный поток, который, образуя противо-эдс, создает индуктивное сопротивление цепи и тем самым ограничивает циркулирующий ток. При отсутствии реактора образовался бы замкнутый контур, а возникший в этом контуре ток короткого замыкания привел к выгоранию витков ступени.

При использовании устройства РПН с токоограничивающим реактором возникают сложности из-за его размещения в тесном пространстве внутри бака трансформатора. Начиная с 1970 г. в отечественном трансформаторостроении стали широко применять быстродействующее *переключающее устройство РПН с активными токоограничивающими резисторами*. Это устройство погружного типа занимает сравнительно небольшое пространство в баке трансформатора, поскольку его основные сборочные единицы — контактор и трехфазный избиратель — соединены в единую вертикально расположенную конструкцию.

Переключающее устройство (рис. 48) состоит: из несущего фланца 1, закрепляемого на крышке бака, командного вала 2, связанного с системой шестеренчатых и мальтийских передач, которые передают движение на валы избирателя и контактора; корпуса 3 контактора 4, представляющего собой герметически закрытый изоляционный цилиндр, в который встроены механизм переключения, контактор и активные резисторы 5; верхнего фланца 6, в котором размещен блок зубчатых и мальтийских передач избирателя 7.

Избиратель представляет собой цилиндрическую клетку, состоящую из гетинаксовых реек, на которых закреплены медные (неподвижные) контакты 9. На каждый ряд неподвижных контактов приходится один подвижный контакт 10. Подвижные контакты приводятся в движение от двух изоляционных валов 12 и перемещаются вокруг центральной трубы 13; ток с контактов отводится на контактные диски 11, а с последних — на контактор. Концы изоляционных планок закреплены между нижним 15 и верхним 6 фланцами.

На изоляционном цилиндре 16 размещены шпильки 17,



к которым присоединяют отводы от нулевых точек обмоток трансформатора. Несущий фланец 1 выполнен разъемным (с крышкой 19). Горизонтальный вал 18, выступающий из фланца, позволяет присоединить к нему вал привода с той или другой стороны фланца. В крышке фланца имеется окно 20 для цифрового указателя положений, в стенке фланца — три патрубка 21.

Принципиальные схемы работы и последовательность переключения контактов быстродействующего устройства РПН с токоограничивающими резисторами показаны на рис. 49. В нормальном рабочем положении на ступени II (рис. 49, а) контакторы $K1$ и $K2$ разомкнуты, $K3$ и $K4$ замкнуты. При указанном положении контактов сопротивление резистора $R2$ зашунтировано и ток нагрузки I_n проходит через выключатель $P2$, контактор K и дальше по цепи в нейтраль или линию. При этом избиратель $P1$ нечетных ступеней обесточен и находится в ожидании коман-

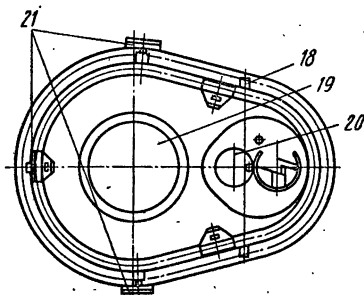


Рис. 48. Переключающее устройство с активным токоограничивающим резистором:

1, 6 и 15 — несущий, верхний и нижний фланцы, 2, 12, 14 и 18 — командный, изоляционный, поворотный и горизонтальный валы, 3 — корпус контактора, 4 — контактор, 5 — активный резистор, 7 — избиратель, 8 — предизбиратель, 9 и 10 — неподвижный и подвижный контакты, 11 — контактный диск, 13 — центральная труба, 16 — изоляционный цилиндр, 17 — шпилька, 19 — крышка, 20 — окно, 21 — патрубок

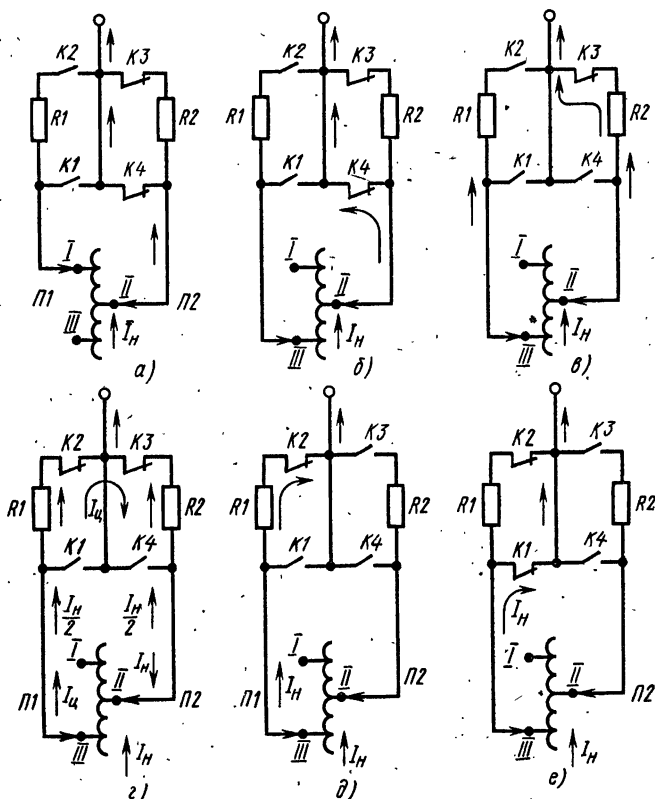


Рис. 49. Принципиальные схемы работы и последовательность переключения контактов устройства РПН с активными резисторами:

а — е — полный цикл переключения со ступени на ступень

ды от приводного механизма на выборе ступени I или III . Если надо перейти со ступени II на III , приводной механизм включают в сторону увеличения номера ступени. В первый момент работы приводного механизма избиратель $\Pi1$ переходит на ступень III (рис. 49, б). Затем вступает в работу контактор: размыкается контакт $K4$ (рис. 49, в) и ток нагрузки проходит через резистор $R2$. Далее замыкаются контакты $K2$ (рис. 49, г), образуется положение «моста», ток нагрузки проходит через резисторы $R1$ и $R2$. Кроме того, в контуре возникает циркулирующий ток $I_{\text{ц}}$. Затем размыкается контакт $K3$ (рис. 49, д) и ток нагрузки идет через резистор $R1$ так же, как на рис. 49, в. Далее замыкаются контакты $K1$, резистор $R1$ шун-

тируется и цикл переключения на этом заканчивается — трансформатор работает на III ступени напряжения (рис. 49, е). Порядок работы избирателя и контакторов при переключении на следующую ступень аналогичен.

Цикл переключения в переключателях РПН с активными резисторами длится сотые доли секунды (т. е. мгновенно). Устройства РПН с активными токоограничивающими резисторами имеют по сравнению с устройствами РПН с токоограничивающими реакторами ряд преимуществ: компактность и удобство размещения в результате замены громоздкого реактора небольшими (по своим размерам) токоограничивающими резисторами; безотказность работы устройств (в случае прекращения электропитания электродвигателя моторного привода управление может быть осуществлено пружинным приводом).

Однако в конструктивном отношении устройства РПН с активными резисторами значительно сложнее, чем переключающие устройства с реакторами. Для обеспечения большой скорости работы требуются надежность и точность изготовления, а также высокое качество применяемых материалов и механизмов. Последовательность переключения контактной системы при больших скоростях требует высокой степени точности регулировки и проверки осциллографированием.

§ 21. ОТВОДЫ И ВВОДЫ

Отводами называют электрические проводники, служащие для соединения обмоток трансформатора с его вводами и переключателями. Отводы, применяемые для соединения обмотки с вводами, называют линейными или главными, соединяющие обмотки с переключателями — регулировочными. В качестве проводников для отводов используют медные и алюминиевые круглые прутки, прямоугольные шины и гибкие многожильные провода.

Отводы могут быть без изоляции либо изолированными кабельной бумагой или бумажно-бакелитовой трубкой. Проводники без изоляции используют в трансформаторах I—III габаритов при напряжении до 690 В, с бумажной и бумажно-бакелитовой изоляцией — при напряжении 6—35 кВ. Провод с бумажной изоляцией обычно применяют при диаметре отвода до 5,2 мм; при большем диаметре отвод выполняют или совсем без изоляции или изолированным бумажно-бакелитовой трубкой. Наличие изоляции на отводах позволяет сократить изоляционные промежутки, основными из которых являются расстояния от линейных отводов до ближайшей заземленной части, от отвода до обмотки, между отводами разных напряжений, от регулировочных отводов и переключателей до заземленных частей. При использовании неизолированных отводов в трансформаторах на напряжения 6—35 кВ

Рис. 50. Компенсаторы (демпферы):

а — из медных лент, *б* — с наконечником, *в* — из провода отвода

необходимо выдерживать значительные изоляционные расстояния и, наоборот, при использовании изолированных отводов изоляционные промежутки между отводами, а также между отводами и заземленными частями можно значительно уменьшить, а при усиленной изоляции довести до минимальных размеров.

В трансформаторах I и II габаритов применяют преимущественно отводы из круглого проводника, а III габарита — прямоугольные медные или алюминиевые шины. Шины используют, как правило, для отводов от обмотки НН. Благодаря прямоугольному сечению поверхность охлаждения шины больше поверхности равного по сечению круглого провода. Одни концы отводов соединяют пайкой с обмотками, а другие — подключают к контактам переключателя и токопроводящим шпилькам вводов трансформатора.

Для подключения отводов из круглого провода изгибают предварительно небольшой участок провода в виде упругой петли, называемой компенсатором или демпфером. Компенсатор прямоугольной шины, присоединяемой к вводу трансформатора, выполняют из полос ленточной меди. Компенсаторы (рис. 50, *а—в*) служат для компенсации отклонений по высоте баков и длине отводов, а также для предохранения отводов от деформаций и обрывов при транспортировке трансформатора.

Отводы крепят буковыми планками, прикрепляемыми

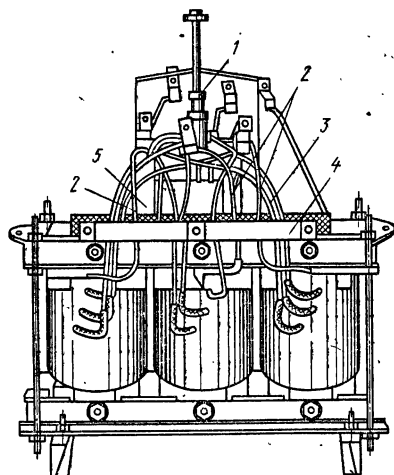
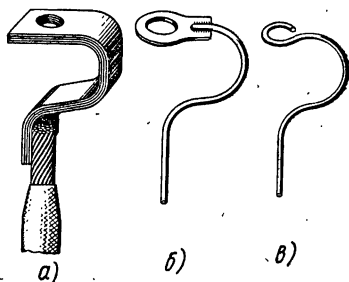
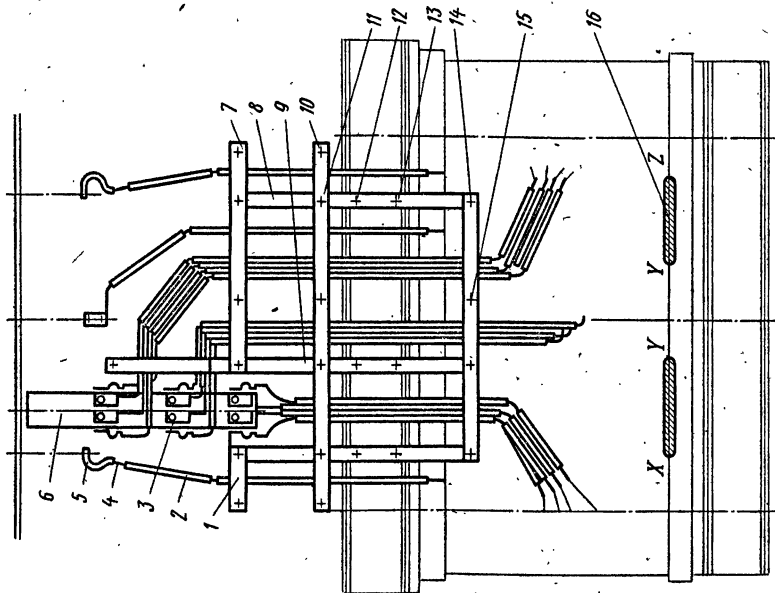


Рис. 51. Крепление отводов обмотки трансформаторов I габарита:

1 — переключатель ответвлений, 2 — отводы, идущие к вводам А, В, С, 3 — регулировочные ответвления обмоток, 4 — букровая планка, крепящая отводы ВН, 5 — стальная скоба для крепления переключателя

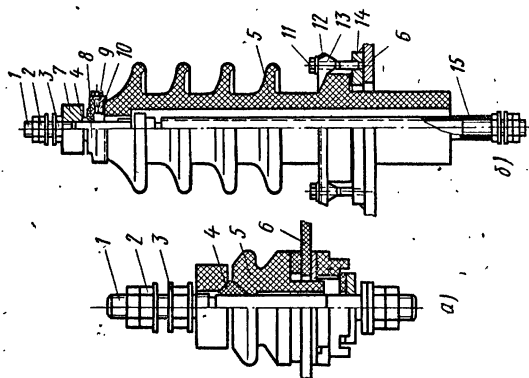
Рис. 52. Крепление отводов обмотки трансформаторов III габарита:



1, 7, 8, 9 и 10 — буксовые планки, 2 — бумажно-белитовая трубка, 3 — компенсатор регулировочных ответвлений, 4 — провод ПБ, 5 — компенсатор линейных отводов, 6 — перекрестчатый ответвлений, 11, 12 и 13 — стальные крепежные шайбы, гайка и болт, 14 и 15 — буксовые шпильки, 16 — междупазное соединение

Рис. 53. Съёмные вводы:

а — на 1 кВ, 400А, б — на 35 кВ, 600 А, 1 и 3 — медные шпильки и шайбы; 2, 7 и 8 — латунные гайка, втулка и колпак, 4 и 10 — резиновые кольцо и шайба, 5 — фарфоровый изолятор, 6 — крышка бака, 9 — винт для выпуска воздуха, 11 — стальной болт, 12 — стальной штампованный фланец, 13 — алюминиевый прижимной кулачок, 14 — установочный фланец, приваренный к крышке, 15 — бумажно-белитовая трубка



к ярмовым балкам магнитопровода. Крепления отводов обмоток трансформаторов I и III габаритов показаны на рис. 51 и 52.

Ввод состоит из фарфорового элемента, внутри которого проходит сквозной токопроводящий медный круглый стержень (шпилька) с резьбой на концах, служащий для присоединения к его нижнему концу отвода обмотки, а к верхнему — провода или шины внешней электрической цепи.

Размеры и конфигурация фарфоровых элементов вводов зависят от назначения трансформатора (для внутренней или наружной установки) и от напряжения: чем выше напряжение трансформатора, тем больше размеры и более увеличены ребра фарфорового элемента ввода. Сечение токопроводящей шпильки зависит от силы тока.

При замене вводов трансформаторов старых конструкций возникал ряд сложностей, поскольку эта операция возможна была только после подъема крышки трансформатора. В современных трансформаторах применяют съемные вводы различных конструкций, два из которых на напряжения 1 и 35 кВ показаны на рис. 53, а, б.

§ 22. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

(БАК, КРЫШКА, РАСШИРИТЕЛЬ И ГАЗОВОЕ РЕЛЕ)

Бак трансформатора с масляным охлаждением представляет собой резервуар, в котором размещаются активная часть и другие детали трансформатора. Баки имеют, как правило, овальную форму (рис. 54), максимально приближенную к форме (очертанию) активной части трансформатора, помещаемой в бак. Овальный бак представляет собой механически прочную сварную конструкцию из листовой стали, технологичную в изготовлении.

Баки с гладкими стенками (рис. 54, а) имеют сравнительно небольшую поверхность охлаждения и поэтому применяются для трансформаторов небольшой мощности (до 63 кВ · А). У более мощных трансформаторов баки бывают ребристыми (рис. 54, б), трубчатыми (рис. 54, в) или радиаторными (рис. 54, г). Ребра, трубы и радиаторы у баков создают дополнительную поверхность охлаждения масла и таким образом улучшают условия работы всех частей трансформатора, расположенных в баке. Трубчатые баки имеют трансформаторы мощностью от 63 до 1600 кВ · А. В зависимости от мощности трансформаторов трубы на стенках бака бывают расположены в один, два или три ряда.

В настоящее время наряду с круглыми трубами баки многих выпускаемых трансформаторов оснащаются овальными циркуляционными трубами, обладающими по сравнению с круглыми лучшей теплоотдачей и позволяющими более компактно

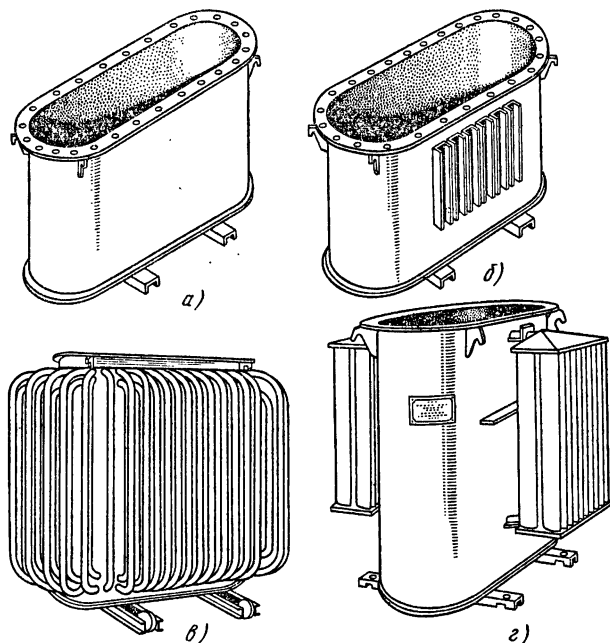


Рис. 54. Баки силовых трансформаторов:
 а — гладкий, б — ребристый, в — трубчатый, г — радиаторный

располагать их по периметру бака. В стенки радиаторного бака вварены патрубки с фланцами для присоединения к ним радиаторов. В нижней части стенки всех баков имеется патрубок с краном для спуска масла из бака.

К днищу бака прикреплена тележка с катками для перемещения трансформатора на небольшие расстояния в пределах подстанции. На стенке бака или на трубах установлена табличка, содержащая паспортные данные трансформатора. В верхней части бак трансформатора снабжен рамой с отверстиями, которая придает необходимую жесткость конструкции бака и к которой болтами крепят крышку трансформатора.

Крышка служит для герметизации бака, а также установки на ней расширителя, предохранительной трубы, вводов, привода переключателя и гильзы для термометра, а также патрубка, соединяющего бак с расширителем, и другого оборудования. В расщелку патрубка устанавливают газовое реле. Для установки оборудования имеются специальные отверстия в крышке.

Размещение на крышке трансформатора предохранительной трубы, расширителя, соединительного патрубка с врезан-

ным в него газовым реле и пробковым краном показано на рис. 55, а, устройство газового реле — на рис. 55, б.

Расширитель служит для компенсации изменяющегося объема масла в баке трансформатора вследствие температурных колебаний. Наличие расширителя обеспечивает постоянное заполнение маслом бака трансформатора, что предохраняет от увлажнения масло и обмотки активной части трансформатора.

Расширитель представляет собой стальной цилиндр, сообщающийся с баком с помощью патрубка. Емкость расширителя должна быть такой, чтобы при колебаниях температуры окружающего воздуха от -45 до $+40^{\circ}\text{C}$ и при всех режимах работы трансформатора (от отключенного состояния до минимальной нагрузки) бак трансформатора был заполнен маслом. Емкость расширителя обычно составляет 8–10 % объема масла, находящегося в баке трансформатора. Наличие расширителя исключает возможность непосредственного соприкосновения масла, находящегося в трансформаторе, с окружающим воздухом и таким образом защищает масло от увлажнения и преждевременного окисления.

На одной из торцевых стенок расширителя установлен указатель уровня масла (маслоуказатель) и нанесены краской три горизонтальные черты с контрольными цифрами $+40$, $+15$ и -45°C , указывающими допустимые изменения температуры окружающего воздуха. При работе трансформатора температура его масла в среднем может превышать температуру окружающего воздуха на 40°C , следовательно, диапазон колебаний температуры масла в трансформаторе от -45 до $+80$, т. е. 125°C . Такие колебания температуры, способные вызывать резкие изменения объема масла, компенсируются расширителем.

Маслоуказатель предназначен для контроля уровня масла при заливке трансформатора после ремонта и в процессе эксплуатации. Маслоуказатели расширителей трансформаторов старых конструкций сообщались с окружающим воздухом, что отрицательно отражалось на качестве масла в расширителе (оно загрязнялось и окислялось). Указатели уровня масла расширителей современных трансформаторов не сообщаются непосредственно с наружным воздухом; они установлены так, что их нижняя часть сообщается с маслом в расширителе, а верхняя — с воздушной полостью над уровнем масла в нем. Такое расположение маслоуказателя предохраняет масло от увлажнения и загрязнения.

Торцевые стенки расширителей трансформаторов старых конструкций наглухо приварены к цилиндру, а торцевые стенки, противоположные тем, на которых расположены маслоуказатели расширителей современных трансформаторов, — съемные; они крепятся к расширителю болтами на маслястойкой уплотняющей прокладке, что облегчает при ремонтах доступ во

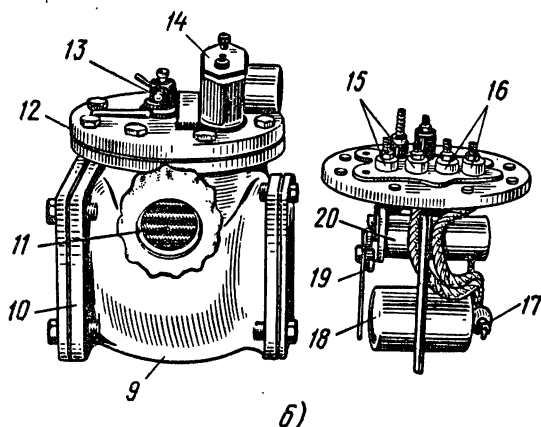
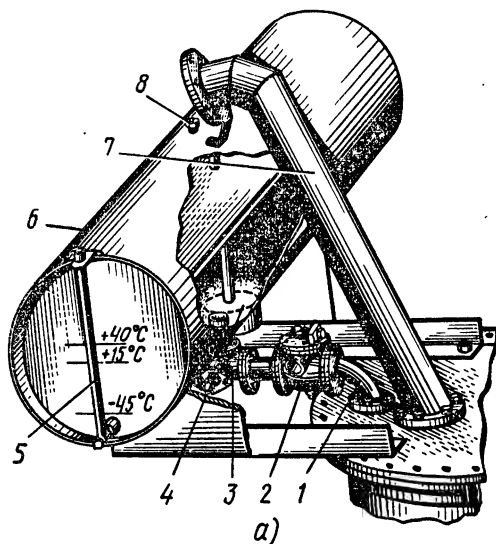


Рис. 55. Размещение части оборудования трансформатора на крышке его бака (а) и устройство газового реле (б):

1 — маслопровод, 2 — газовое реле, 3 — пробковый кран, 4 — отстойник, 5 — маслоуказатель, 6 — расширитель, 7 — предохранительная трубка, 8 — пробка маслоналивного отверстия, 9 — корпус газового реле, 10 — фланец, 11 — смотровое окно, 12 — крышка, 13 — кран для выпуска скопившихся в реле газов, 14 — коробка зажимов, 15 и 16 — зажимы цепей сигнализации и отключения, 17 и 19 — ртутные контакты цепи отключения и сигнализации, 18 и 20 — нижний и верхний поплавки

внутреннюю полость расширителя и к деталям, находящимся там, при необходимости их очистки и окраски.

На дне расширителя скапливаются влага и осадки твердых частиц, для удаления которых у расширителей трансформаторов мощностью до 400 кВ·А имеется грязеспускная пробка, а у расширителей трансформаторов большей мощности — отстойник (грязевик). Отстойник представляет собой небольшой стальной резервуар, помещаемый под расширителем, куда стекают влага и осадки, скопляющиеся на дне расширителя.

При изменении объема масла трансформатора изменяется и уровень масла в расширителе, а следовательно, и объем воздуха в расширителе: при увеличении объема масла воздух вытесняется из расширителя в окружающую атмосферу, при снижении — поступает в расширитель из окружающей атмосферы. Этот процесс, многократно повторяющийся в работающем трансформаторе, подобен дыханию, поэтому принято говорить, что трансформатор «дышит». Чтобы при «дыхании» трансформатора масло не увлажнялось и не загрязнялось, расширитель снабжают воздухоосушителем (заполненным силикагелем), имеющим устройство для очищения воздуха от механических примесей (масляный затвор). При наличии воздухоосушителя весь поступающий в расширитель воздух, проходя через силикагель, освобождается от влаги, а механические частицы, содержащиеся в воздухе, оседают в масляном затворе.

Расширитель соединен с баком при помощи патрубка (маслопровода), в рассечку которого установлены пробковый кран и газовое реле.

Газовое реле служит для сигнализации о возникновении в частях трансформатора, расположенных в его баке, повреждений, вызывающих местные нагревы и вследствие этого разложение масла, дерева или изоляции, сопровождающееся интенсивным образованием газов. Газовое реле реагирует также на резкое снижение уровня масла, вызванное его утечкой из бака. При серьезных повреждениях, грозящих перейти в аварию и сопровождающихся сильным газообразованием, контакты реле замыкают цепь приборов, отключающих трансформатор от непроведенной части электроустановки.

Газовое реле ПГ-22 (см. рис. 55, б) имеет следующее устройство. Внутри металлического корпуса 9 реле расположены друг над другом подвижные герметически закрытые металлические цилиндры — поплавки 18 и 20. На поплавках закреплены стеклянные колбочки, в которые вмонтированы контакты и налито немного ртути. Контакты колбочки верхнего поплавка служат для замыкания цепи звукового сигнала, а нижнего — для замыкания цепи отключения трансформатора.

При нормальном режиме работы трансформатора резервуар реле заполнен маслом, поплавки 18 и 20 подняты, контакты 17 и 19 в колбочках с ртутью не замкнуты. При слабом газообразовании, характеризующем незначительное поврежде-

ние внутри бака трансформатора, газы медленно поднимаются вверх и, скопясь в резервуаре, вытесняют из него масло. Уровень масла в реле понижается, из-за чего верхний поплавок опускается, при этом ртуть в прикрепленной к нему колбочке, переливаясь, замыкает контакты цепи сигнала. Усилившееся газообразование вследствие развития повреждения вызывает срабатывание второго поплавка, который опрокидывается вместе с прикрепленной к нему стеклянной колбочкой; ртуть, переливаясь в колбочке, замыкает ее контакты, вызывая действие релейной защиты, отключающей трансформатор с помощью масляного выключателя.

Реле ПГ-22 имеются на большинстве силовых трансформаторов прежних выпусков. На современных трансформаторах наряду с реле ПГ-22 используют чашечные газовые РГЧЗ-66. Эти реле, имеющие почти одинаковое устройство и принцип действия с ПГ-22, отличаются от последних поплавками, которые заменены плоскодонными круглыми чашками, поворачивающимися вокруг своей оси, и подвижными контактами, закрепленными на изоляционных стойках, помещенных внутри чашек. Неподвижные контакты смонтированы на изоляционных пластинах, закрепленных на корпусе реле.

В последнее время трансформаторы стали оснащать более совершенными газовыми реле отечественного и зарубежного производства. У этих реле ртутные выключатели заменены электромагнитными (например, газовое реле Бухгольца производства ГДР), более надежными в работе и обладающими высокой чувствительностью.

Для защиты трансформатора от повреждения при бурном газообразовании в баке используется предохранительная труба (см. рис. 55, а), устанавливаемая на крышке трансформатора. Она представляет собой стальной цилиндр с «коленом» в верхней части. Нижняя часть цилиндра завершается фланцем, с помощью которого предохранительная труба крепится над отверстием в крышке трансформатора. На конце колена установлена стеклянная диафрагма (мембрана). Места крепления цилиндра и диафрагмы уплотнены прокладками.

При бурном газообразовании и повышении давления, вызванных аварийным процессом в баке, диафрагма разрушается и газы с маслом выбрасываются наружу, предотвращая таким образом взрыв бака трансформатора.

§ 23. ВОЗДУХООСУШИТЕЛЬ И ТЕРМОСИФОННЫЙ ФИЛЬТР

Воздухоосушитель служит для поглощения влаги, которая содержится в воздухе, поступающем в трансформатор, и, следовательно, для защиты имеющегося в нем масла от увлажнения. Задерживая частицы твердых веществ, содержащихся в поступающем воздухе, он одновременно служит фильтром:

Воздухоосушитель (рис. 56) состоит: из стального корпуса 1 цилиндрической формы, заполненного силикагелем 3; решетки с сеткой 7; сетчатого патрона 4, заполненного индикаторным силикагелем и закрытого крышкой 5 со смотровым стеклом 6. В нижней части воздухоосушителя расположен масляный затвор, предохраняющий силикагель от увлажнения и задерживающий механические примеси, содержащиеся в воздухе, поступающем в трансформатор через осушитель.

Масляный затвор воздухоосушителя действует по принципу сообщающихся сосудов. При понижении уровня масла в расширителе пространство, освобождающееся в нем, заполняется воздухом извне. Поступающий в расширитель воздух проходит через трубку 9, приваренную к дну 12 масляного затвора, затем через слой трансформаторного масла 11, отверстие в стенке 8 затвора и далее через решетку с сеткой и слой силикагеля, отбирающего у воздуха влагу. Затем по патрубку 2 и трубе сухой воздух попадает в расширитель. При увеличении объема масла в расширителе движение воздуха происходит в обратном направлении. Масляный затвор имеет несколько пробок.

Одна из пробок предназначена для заливки трансформаторного масла в затвор (на рисунке не показана). Пробка 13 служит для слива отработавшего масла, а 10 — для слива масла до нормального уровня в затворе.

Визуальный контроль за уровнем масла в осушителе воздуха осуществляется с помощью маслоуказателя (на рисунке не показан).

Периодически проверяют состояние силикагеля — увлажнившийся силикагель заменяют сухим. Признаком его увлажнения и необходимости замены служит изменение цвета силикагеля-индикатора с голубого на розовый. Наблюдение за его цветом ведут через смотровое стекло 6 в крышке 5 патрона 4.

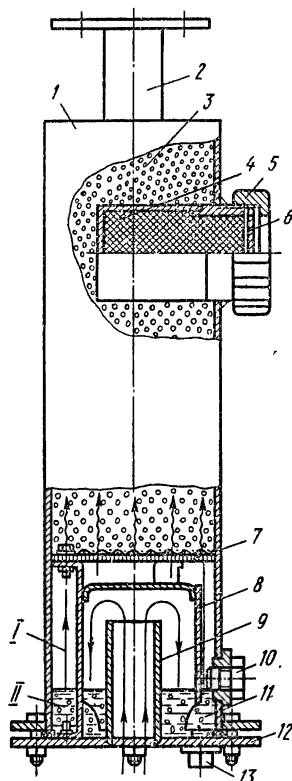


Рис. 56. Воздухоосушитель:
I — пути движения воздуха через
масляный затвор, II — уровень
заливки масла

Термосифонный фильтр служит для очистки масла путем его непрерывной регенерации при работе трансформатора. Систематическая очистка масла крайне необходима, поскольку при работе трансформатора масло нагревается, а вследствие этого процессы его окисления усиливаются. При длительном воздействии кислорода воздуха на горячее масло появляется шлам, оседающий на внутренних частях трансформатора и забивающий масляные каналы обмоток. Шлам, влага и различные осадки, появившиеся в масле, а также самоокислившееся масло разрушающе действуют на изоляцию обмоток и другие изоляционные детали трансформатора.

Вследствие скопления осадков в каналах обмоток ухудшаются условия их охлаждения, что резко сокращает срок службы изоляции и в конечном итоге может привести к аварийному выходу трансформатора из строя. Очистка и восстановление изоляционных качеств масла осуществляются непрерывной регенерацией с помощью термосифонного фильтра.

Термосифонный фильтр 19 (см. рис. 30) представляет собой стальной цилиндр, заполненный силикагелем и присоединяемый к патрубкам в стенке бака наподобие радиатора. В верхней части цилиндра снабжен бункером для загрузки силикагелем, а в нижней — для выгрузки отработавшего силикагеля. Очистка масла производится непрерывно при его прохождении через термосифонный фильтр в процессе циркуляции.

Термосифонными фильтрами снабжаются мощные трансформаторы (2500 кВ·А и выше), что допускает длительную работу масла в них без специальной очистки и регенерации, так как регенерируемое масло сохраняет необходимые чистоту и диэлектрическую прочность.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. По каким признакам различаются силовые трансформаторы и каково их назначение?
2. Как расшифровываются буквенные и цифровые обозначения силовых трансформаторов?
3. Расскажите о типах обмоток, их устройстве и назначении.
4. Для чего служит магнитопровод и как он устроен?
5. Что такое «транспозиция проводов», где и для чего ее выполняют?
6. Каково устройство винтовой обмотки и в трансформаторах какой мощности она применяется?
7. Для чего предназначены переключатели трансформаторов и каково их устройство?
8. Какие баки вам известны и чем они отличаются друг от друга?
9. Для чего служит газовое реле и как оно работает?
10. Расскажите о расширителе трансформатора.
11. Как защитить масло в трансформаторе от увлажнения и загрязнения?

ГЛАВА IV

РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ ТРАНСФОРМАТОРОВ

§ 24. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В обеспечении длительной безаварийной работы трансформатора большую роль играет его изоляция. Различают изоляцию маслонаполненного трансформатора внешней и внутренней. К внешней относят воздушную изоляцию, находящуюся вне бака, например изоляционное расстояние по воздуху между вводами трансформатора. Внутренней является изоляция, расположенная внутри бака. Она делится на главную и продольную. К главной изоляции относят детали, изолирующие обмотки друг от друга и от заземленных частей, например электрокартонные (мягкие) и бумажно-бакелитовые (жесткие) цилиндры, масляные каналы и др. Главная изоляция обмотки класса напряжения 35 кВ показана на рис. 57, а, обмотки 110 кВ — на рис. 57, б.

В продольную изоляцию входит изоляция витков обмотки, между ее катушками или дисками, между слоями и элементами емкостной защиты обмотки. В процессе работы трансформатора все элементы его главной и продольной изоляции подвергаются различным воздействиям, снижающим их электрическую прочность и сроки службы.

Наиболее сильное отрицательное воздействие на электрическую прочность изоляции оказывают химические процессы, происходящие в трансформаторе из-за наличия в изоляции посторонних примесей в виде: влаги, оставшейся в изоляции при недостаточной сушке обмоток после ремонта или скопившейся вследствие увлажнения охлаждающего масла трансформатора; остатка растворителя пропиточного лака, не удаленного при запекании пропитанных обмоток; воздушных или газовых включений в изоляцию, оставшихся при заполнении бака трансформаторным маслом; посторонних механических примесей и твердых частиц, попавших в бак при его заполнении маслом.

При работе трансформатора, сопровождающейся повышенным нагревом его внутренних частей, химические процессы становятся более интенсивными и их отрицательное воздействие на изоляцию резко возрастает.

При увеличении в твердой и мягкой изоляции содержания влаги, недостаточном удалении из нее растворителей, воздуха и газовых включений электрическая прочность изоляции снижается, а срок службы изоляционных покрытий в результате химических реакций резко сокращается. Присутствие в масле различных механических примесей (волокон и др.) снижает его пробивное напряжение.

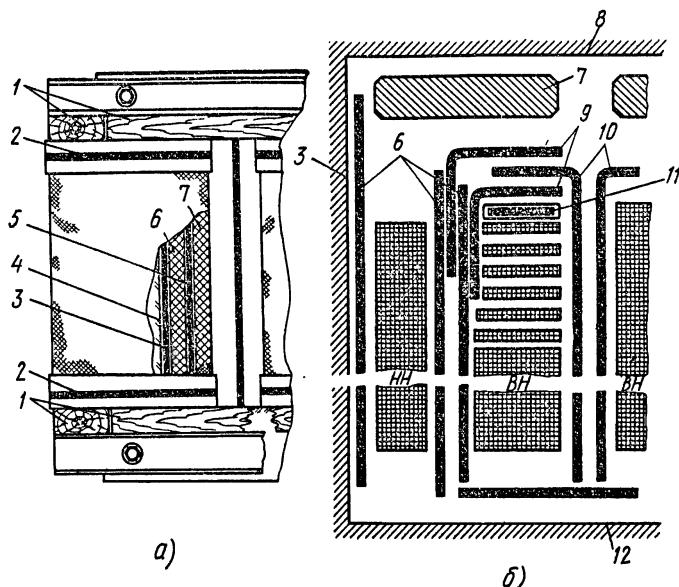


Рис. 57. Расположение главной изоляции обмоток классов напряжений:

a — 35 кВ, *б* — 110 кВ; 1 — уравнивательная изоляция, 2 — ярмовая изоляция, 3 — стержень магнитопровода, 4 — изоляционный цилиндр обмотки НН, 5 — изоляционный цилиндр обмотки ВН, 6 — обмотки НН и ВН, 7 — прессующее кольцо, 8 и 12 — верхнее и нижнее ярма, 9 — угловые шайбы, 10 — междуфазные перегородки, 11 — емкостное кольцо

Отдельные изоляционные детали, например бумажно-бакелиновые цилиндры, испытывают, помимо всего, дополнительно и механические воздействия, вызываемые электродинамическими усилиями, которые возникают в обмотках при сквозных коротких замыканиях.

Качество изоляции — основной показатель, определяющий надежность трансформатора в эксплуатации, поэтому при ремонте трансформаторов качеству и соблюдению технологии изоляционных работ необходимо уделять особое внимание. Изоляция отремонтированного трансформатора должна без повреждений и ухудшений диэлектрических свойств выдержать весь комплекс послеремонтных испытаний, а также электрические, тепловые, химические и другие воздействия на нее, возможные в процессе работы трансформатора.

Наиболее уязвимой и часто повреждающейся частью трансформатора являются его обмотки ВН и реже НН. Повреждения чаще всего возникают вследствие снижения электрической прочности изоляции на каком-либо участке обмотки, в результате чего происходит электрический пробой изоляции между

витками и их замыкание на этом участке, приводящее к выходу трансформаторов из строя. Нередки случаи перехода напряжения с обмотки ВН на обмотку НН из-за ухудшения состояния изоляции между ними.

В трансформаторах могут повреждаться также вводы, переключатели, крышка и другие детали. Примерное соотношение (в процентах) повреждений отдельных частей трансформатора следующее: обмотки и токопроводящие части — 53, вводы — 18, переключатели — 12, все остальные части, взятые вместе, — 17. Исследования причин аварийных выходов трансформаторов из строя показали, что обычно аварии происходят из-за неудовлетворительного обслуживания и низкого качества ремонта.

Трансформатор с поврежденными обмотками или другими его частями подлежит немедленному выводу из работы и ремонту. Наиболее распространенная в электроремонтных цехах большинства предприятий функциональная схема ремонта трехфазных трансформаторов с масляным охлаждением показана на рис. 58.

В соответствии с этой схемой поврежденный трансформатор, находящийся на складе неисправных трансформаторов в ожидании ремонта, поступает в дефектационно-подготовительное отделение, состоящее из трех участков: разборки и мойки, дефектировки обмоток и механической части трансформатора.

На разборочном участке очищают трансформатор, сливают масло из его расширителя, бака и маслонеполненных вводов, а затем, убедившись из записей в сопроводительных документах и путем предварительных испытаний в неисправности трансформатора, переходят к его разборке и дефектировке.

Разборку трехфазного масляного двухобмоточного трансформатора и дефектировку ряда его частей производят одновременно или с небольшим смещением во времени.

Дефектировкой трансформатора называют комплекс работ по выявлению характера и степени повреждения его отдельных частей. Работа по дефектировке — наиболее ответственный этап ремонта, поскольку при этом определяются действительный характер и размеры повреждений, а также объем предстоящего ремонта и потребность в ремонтных материалах и оснастке. Поэтому производящий дефектировку должен хорошо знать не только признаки и причины неисправности, но и способы их безошибочного выявления и устранения. Характерные неисправности силовых трансформаторов и возможные причины их возникновения приведены в табл. 1.

Повреждения внешних деталей трансформатора (расширителя, бака, арматуры, наружной части вводов, пробивного предохранителя) можно выявить тщательными осмотрами, а внутренних деталей — различными испытаниями. Однако результаты испытаний не всегда позволяют точно установить действительный характер повреждений, поскольку любое откло-

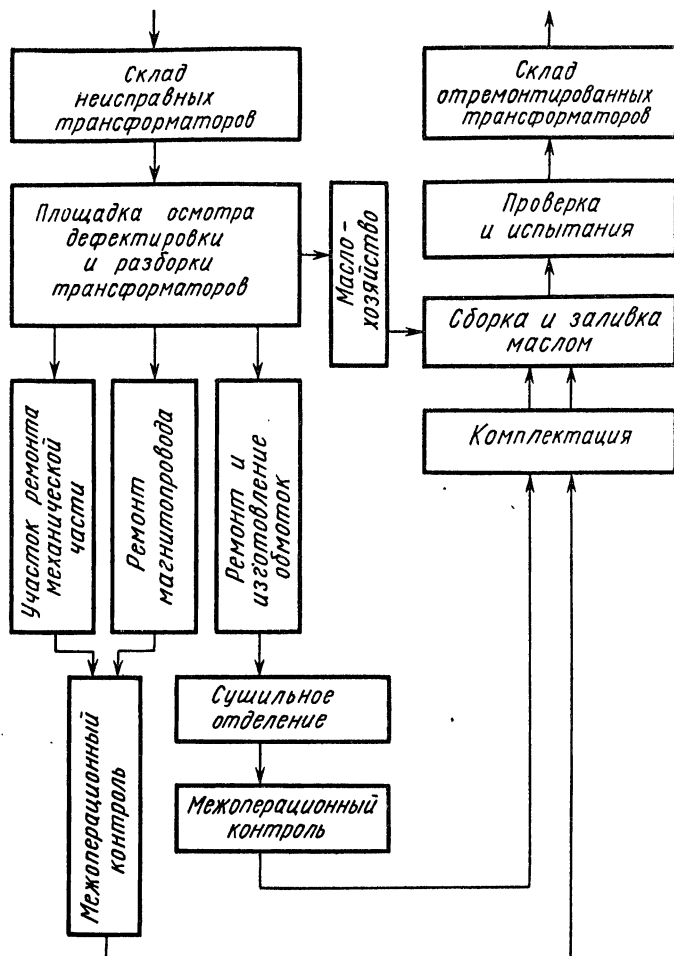


Рис. 58. Схема ремонта трехфазных трансформаторов с масляным охлаждением

нение от нормы, выявленное в результате испытаний (например, повышенный ток холостого хода), может быть вызвано различными причинами, в том числе витковым замыканием в обмотке, наличием замкнутого контура тока через стяжные болты и прессующие детали, неправильным включением параллельных обмоток и др. Поэтому в процессе дефектировки, как правило, разбирают трансформатор и при необходимости поднимают активную часть, что позволяет не только точно

Таблица 1. Неисправности трансформаторов и причины их возникновения

Элемент трансформатора	Неисправность	Причина неисправности
Обмотки	Витковое замыкание	Естественное старение и износ изоляции; систематические перегрузки трансформатора; динамические усилия при сквозных к.з.
	Замыкание на корпус (пробой), межфазное к.з.	Старение изоляции; увлажнение масла и понижение его уровня
	Обрыв цепи	Внутренние и внешние перенапряжения; деформация обмоток вследствие прохождения больших токов при сквозных к.з.
Переключатели регулирования напряжения	Отсутствие контакта	Отгорание отводов (выводных концов) обмотки из-за низкого качества соединения или электродинамических усилий при к.з.
	Оплавление контактной поверхности	Нарушение регулировки переключающего устройства Термическое воздействие на контакт токов к.з.
Вводы	Электрический пробой (перекрытие) на корпус	Трещины в изоляторах; понижение уровня масла в трансформаторе при одновременном загрязнении внутренней поверхности изоляторов
	Электрический пробой изоляции между отводами отдельных фаз	Повреждение изоляции отводов к выводам или переключателю
Магнитопровод	«Пожар стали»	Нарушение изоляции между отдельными листами стали или стяжными болтами; слабая прессовка стали; образование короткозамкнутого контура при повреждении изоляционных прокладок между ярмом и магнитопроводом; образование короткозамкнутого контура при выполнении заземления магнитопровода со стороны выводов обмоток ВН и НН
Бак и арматура	Течь масла из сварных швов и фланцевых соединений	Нарушение сварного шва и плотности фланцевых соединений от механических или температурных воздействий
	Течь масла из пробкового крана	Плохо притерта пробка крана, повреждена прокладка под его фланцем

установить причины, характер и масштабы повреждений, но и определить требуемые для ремонта трансформатора материалы, инструменты и приспособления, а также время.

§ 25. РАЗБОРКА И ДЕФЕКТИРОВКА ТРАНСФОРМАТОРОВ

Трансформатор, доставленный на площадку разборки, очищают от грязи, а затем тщательно осматривают снаружи. Внешний осмотр производится для выявления внешних неисправностей: трещин в армировочных швах и сколов фарфора вводов, нарушения сварных швов и течи масла из фланцевых соединений, механических повреждений циркуляционных труб, расширителя и других деталей трансформатора. О замеченных неисправностях делают записи в соответствующих графах дефектировочных карт, отпечатанных в типографии.

При наличии неисправностей, уточнение или устранение которых требует вскрытия трансформатора и подъема активной части, трансформатор разбирают. Перед разборкой масло из трансформатора частично или полностью сливают. Частично (до уровня верхнего ярма магнитопровода) сливают масло, когда ремонтные работы могут выполняться без подъема активной части трансформатора (например, при замене вводов, ремонте контактов переключателей) или только с подъемом активной части, но в течение времени, не превышающем допустимое время пребывания обмоток трансформатора вне масла. Полностью сливают масло из трансформатора чаще всего при необходимости сушки его активной части, а также при ремонтах, требующих замены поврежденных обмоток, и в том случае, если масло непригодно для дальнейшего использования из-за чрезмерного загрязнения и увлажнения.

Разборка, ремонт и сборка трансформатора связаны с необходимостью выполнения электрослесарем большого объема слесарных и сборочных работ.

Последовательность выполнения операций разборки определяется в каждом конкретном случае в зависимости от конструкции трансформатора, подлежащего ремонту. В ремонт поступают современные трансформаторы отечественного производства, отличающиеся по мощности и конструктивному исполнению, и трансформаторы выпуска прежних лет, а также выпускавшиеся в прошлом и поставляемые в настоящее время зарубежными фирмами. Поэтому рекомендовать какую-либо единую технологическую последовательность выполнения операций разборки и ремонта всех поступающих в ремонт трансформаторов невозможно. С учетом этого в данной главе приведены указания о способах выполнения основных операций разборки и ремонта в последовательности, применимой с небольшими отклонениями к ремонтируемым трансформаторам большого диапазона мощностей и различного конструктивного исполнения.

Перед разборкой проверяют комплектность поступившего в ремонт трансформатора (должны быть в наличии все сборочные единицы и детали, полагающиеся для данной конструкции), а также состояние его наружных частей, целостность сварочных швов и соединений, отсутствие течи масла из фланцевых соединений арматуры с баком.

Разборку начинают с демонтажа газового реле, термометра, расширителя, предохранительной трубы и других устройств и деталей, расположенных на крышке трансформатора. Раскрепление болтовых соединений производят с помощью разводных ключей или двусторонних гаечных ключей с размерами зева, соответствующими стандартным размерам гаек и головок болтов.

При демонтаже газового реле предварительно устанавливают под него подкладку в виде отрезка деревянной планки шириной 200 мм или резиновой пластины толщиной не менее 10 мм. Чтобы снять реле, отвертывают сначала (придерживая реле рукой) болты крепления его к фланцам патрубков, соединяющих реле с баком и расширителем, а затем, медленно перемещая корпус реле параллельно фланцам, снимают его. Для предохранения внутренних деталей реле от загрязнения и повреждений закрывают отверстия в его корпусе листами фанеры, оргалита или толстого картона и закрепляют болтами, освободившимися при демонтаже реле.

Проверку исправности, испытание и ремонт реле производят в электролаборатории, куда и доставляют реле, снятое с разбираемого трансформатора.

Продолжая операции разборки, демонтируют предохранительную трубу, а затем расширитель. Обычно операции разборки предохранительной трубы выполняют два человека — электрослесарь и подсобный рабочий, из которых один (подсобный рабочий), прочно стоя на крышке, придерживает предохранительную трубу, а второй (электрослесарь) отвертывает гайки, крепящие к крышке трансформатора нижний фланец трубы и стальную штангу или кронштейн.

Освобожденную от креплений трубу обвязывают веревкой и опускают с соблюдением предосторожности, исключаяющей повреждение мембраны предохранительной трубы или повреждение опускаемой трубой других частей и деталей трансформатора. Отверстие в крышке, где была установлена труба, закрывают фанерой.

Демонтаж расширителя выполняют в такой последовательности: отсоединяют от расширителя патрубок маслопровода с пробковым краном, защищают маслоуказатель временным деревянным коробом, прикрепляемым к его арматуре с помощью крепких веревок; прочно стропят расширитель пеньковым канатом или стальным стропом, захватывая его за корпус или строповые кольца, имеющиеся на расширителях мощных трансформаторов; отвертывают болты крепления кронштейнов

расширителя к крышке и баку трансформатора; устанавливают наклонно две доски или бруса и по ним медленно опускают расширитель на пол; закрывают отверстия в крышке и расширителе временными фланцами из листовой резины, фанеры или картона во избежание попадания в них грязи и влаги.

Удалив реле, предохранительную трубу и расширитель, продолжают разборку, переходя к демонтажу крышки трансформатора. Демонтаж крышки производят с соблюдением мер предосторожности, исключающих повреждение фарфоровых деталей вводов обмоток ВН и НН, в таком порядке: отвертывают болты, крепящие крышку к фланцу бака, с помощью двух ключей, одним из которых удерживают болт от проворачивания, а другим отвертывают гайку, расположенную под выступающими фланцем бака и бортом крышки. При продолжительной работе трансформатора в сыром помещении или на открытом воздухе болты ржавеют и поэтому трудно поддаются отвертыванию даже при значительных усилиях, прилагаемых к гаечному ключу. Такие болты рекомендуется предварительно обильно смачивать керосином. Болты, снятые со всего периметра крышки, вместе с надетыми на них шайбами и навернутыми на их резьбу гайками промывают, покрывают антикоррозионной смазкой и, уложив в ящики, хранят для повторного использования при сборке трансформатора.

Освобожденную от болтов крышку стропят за подъемные рымы, навернутые на выступающие из крышки резьбовые концы подъемных шпилек, закрепленных на яровых балках верхнего ярма магнитопровода. Трансформаторы мощностью до 400 кВ·А имеют обычно два подъемных рыма, большей мощности — четыре. Для подъема активной части применяют специальные приспособления и стропы, рассчитанные на массу поднимаемого груза и прошедшие необходимые испытания. Петли стропов надевают на стальные валики, временно (на время подъема) продетые в отверстия (проушины) рымов. При демонтаже радиаторов и других крупных деталей трансформатора наружной установки в качестве подъемного механизма применяют автокран (рис. 59).

При подъеме активной части трансформаторов с вводами, расположенными на стенках баков, вначале отсоединяют отводы и демонтируют вводы, а затем только поднимают активную часть трансформатора. В начальной стадии подъема активной части, когда крышка окажется приподнятой над кромкой бака на 200—250 мм, дальнейший подъем временно прекращают, чтобы убедиться в отсутствии перекоса поднимаемой активной части по отношению к первоначальному положению в баке. Перекос обычно возникает из-за неуравновешенности активной части вследствие неправильной строповки или разной длины строповых канатов, что может привести к повреждению обмоток при касании ими стенок бака во время подъема. При

наличии перекоса активную часть опускают на дно бака и поднимают вновь только после его устранения. В начале подъема рекомендуется также убедиться в исправности грузоподъемного механизма, для чего следует поднять активную часть на 150—200 мм над уровнем дна бака и держать ее на весу в течение 3—5 мин, затем продолжить подъем. После того как активная часть будет полностью извлечена из бака и поднята над ним не менее чем на 200 мм, бак может быть удален. Стоять под находящейся на весу активной частью или в опасной близости от нее, а также производить в это время ее осмотр категорически запрещается.

Активную часть, поднятую из бака, устанавливают на прочном помосте из острогобанных досок или на деревянных брусках так, чтобы обеспечивалось ее устойчивое вертикальное положение и возможность осмотра, проверки и ремонта.

Продолжая разборку, отсоединяют отводы от вводов и переключателя и проверяют состояние их изоляции, армировочных швов вводов и контактной системы переключателя; о всех замеченных неисправностях делают соответствующие записи в дефектировочной карте. Далее отвертывают рымы с вертикальных шпилек, снимают крышку, относят ее в сторону и укладывают так, чтобы выступающие под крышкой части не были повреждены, вводы защищают от механических повреждений, закрыв их жесткими цилиндрами из картона или обернув чистой мешковиной.

Закончив первый этап разборки, переходят ко второму, наиболее сложному и трудоемкому, — демонтажу обмоток. Основные операции демонтажа обмоток выполняют в такой последовательности: удаляют вертикальные шпильки, отвертывают гайки стяжных болтов и снимают ярмовые балки магнитопровода, расшихтовывают верхнее ярмо магнитопровода, связывая и располагая пакеты пластин в порядке, при котором их будет удобнее укладывать при шихтовке верхнего ярма. Далее разбирают соединения обмоток, удаляют отводы, извлекают деревянные и картонные детали расклиновки обмоток ВН и НН и снимают обмотки со стержней вручную (обмотки

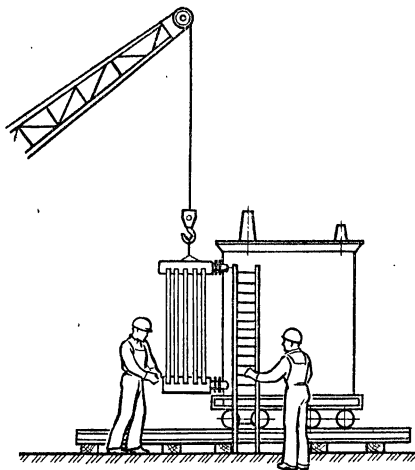


Рис. 59. Демонтаж радиатора силового трансформатора с помощью автокрана

трансформаторов до 63 кВ·А) или с помощью подъемного механизма (обмотки трансформаторов 100 кВ·А и выше) вначале ВН, а затем НН.

При дефектировке обмоток обычно бывает трудно определить место виткового замыкания. С этой целью на ряде электроремонтных предприятий применяют комплект приборов системы Порозова (рис. 60), состоящий из искателя, индикатора и питателя.

Искатель представляет собой многовитковую катушку, надежную либо на П-образный сердечник (секционный искатель, рис. 60, а), либо на С-образный сердечник, концы которого отделены узкой щелью (щелевой искатель, рис. 60, б).

Питатель выполнен в двух вариантах: в виде секционной конструкции, аналогичной секционному искателю, но с более мощной катушкой и кнопкой в торце для кратковременного включения (рис. 60, в); в виде стержневой конструкции, представляющей собой длинный стержень со сплошной намоткой витков по всей длине.

Индикатор (рис. 60, г) состоит из микроамперметра, смонтированного в одном корпусе с выпрямителем, усилителем и регулятором чувствительности.

Для выявления замыкания в секционных однопроводных обмотках включает стержневой питатель 2 в сеть 36, 120 или 220 В и вставляют внутрь проверяемой обмотки, как показано на рис. 61, а, а затем с противоположной питателю стороны вставляют поочередно в каждую секцию искатель 3. Дефектная секция обнаруживается резким отклонением стрелки прибора.

Чтобы определить место замыкания в радиальном направлении (рис. 61, б), надо медленно вставлять искатель в соседнюю с поврежденной (верхнюю или нижнюю) секцию, следя за показанием прибора. По мере продвижения концов искателя в глубь обмотки, показания прибора будут возрастать и достигнут наибольшего значения, когда концы искателя окажутся над или под короткозамкнутыми витками. Зная глубину погружения искателя и ширину меди, легко определить, какой по счету виток является короткозамкнутым. Прибор обнаруживает место короткозамкнутых витков в обмотках любого диаметра.

При проверке цилиндрических однослойных обмоток пропускают переменный ток (5—10 А) по одному из отводов от любого источника, позволяющего регулировать напряжение, а затем перемещают щелевой искатель (см. рис. 60, б) по направлению к питаемому отводу. Первое наибольшее показание прибора укажет «границу» тока.

Определив «границу» тока, надо передвигать щелевой искатель дальше по ходу витков до момента спада показаний прибора. Место к. з. будет находиться в том же вертикальном направлении, что и точка спада показаний, но на один

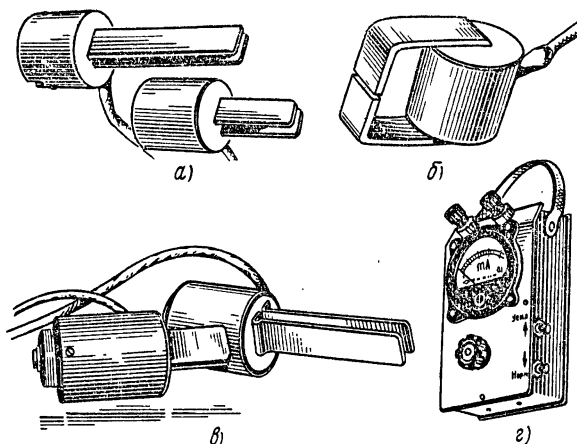


Рис. 60. Комплект приборов Порозова для определения места виткового замыкания в обмотках:
а и б — секционный и щелевой искатели, в — секционный питатель, з — индикатор

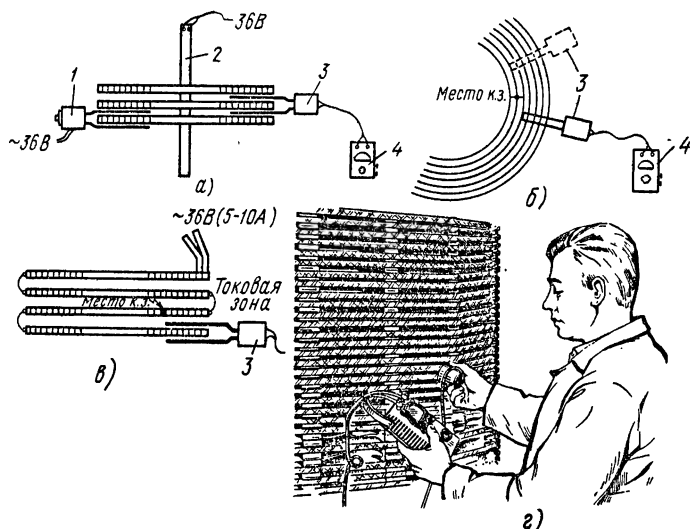


Рис. 61. Определение места замыкания витков в обмотках силовых трансформаторов с помощью комплекта приборов Порозова:

а и б — по вертикали и горизонтали обмотки, в — в радиальном направлении и по окружности обмотки, з — положение оператора; 1 и 2 — секционный и стержневой питатели, 3 — искатель, 4 — индикатор

провод выше. Этот метод используют для обмоток с любым числом параллелей.

Проверка двухслойных обмоток производится в той же последовательности, что и секционных. При этом, если стрелка прибора будет отклоняться, когда искатель находится в самом низу верхнего слоя, замыкание может быть либо во внутреннем слое, либо в месте перехода из слоя в слой.

Для проверки многослойной обмотки пользуются стержневым искателем, включенным в сеть переменного тока и помещенным внутри проверяемой обмотки симметрично длине последней. Поиск места к. з. витков производят так. Перемещают по внешней поверхности обмотки щелевой искатель, сохраняя параллельность щели прибора линии витков, и определяют границы «токовой зоны» (рис. 61, в), т. е. части обмотки, обтекаемой током к. з. В центре токовой зоны показания прибора будут максимальными. Симметрично уменьшаясь, они исчезнут на границе токовой зоны. Положение оператора при испытаниях и размещение приборов показаны на рис. 61, г.

Обнаруженную путем испытаний при дефектировке поврежденную обмотку доставляют в обмоточное отделение, а расширитель, переключатель, вводы и другие детали трансформатора, нуждающиеся в ремонте, — в отделение ремонта электро-механической части.

§ 26. РЕМОНТ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОБМОТОК

Переизолировка обмоточного провода. Обмотку, поступившую в ремонт, осматривают для уточнения масштабов повреждения, а также определения способов ремонта и необходимых

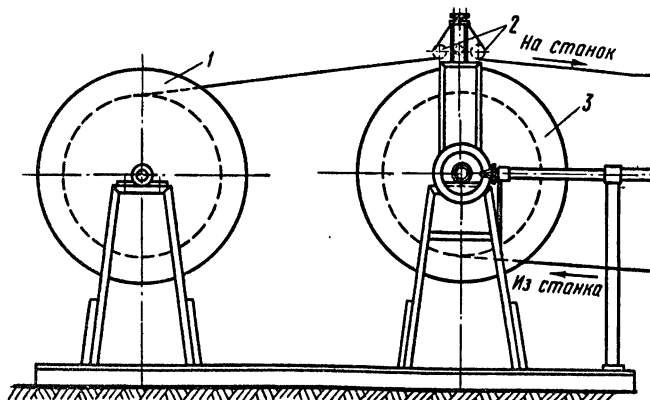
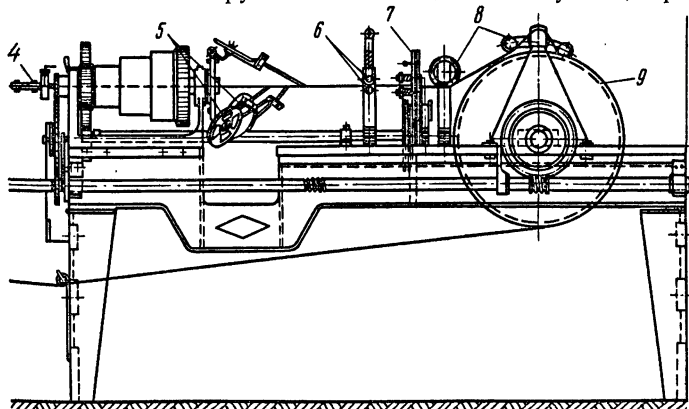


Рис. 62. Приспособление для изолирования
1, 3 и 9 — барабаны, 2 — рихтующие ролики, 4 — рихтовочная матрица, оплеточное

для этого материалов и оборудования. При этом выясняют также возможность повторного использования обмоточного провода и изоляционных деталей поврежденной обмотки. Восстановить изоляцию и повторно использовать обмоточный провод, снятый с поврежденной обмотки, можно довольно часто и этим следует воспользоваться. Поскольку в электроустановках имеются современные устройства релейной защиты и автоматики, полное разрушение обмоток происходит очень редко, так как трансформатор, как правило, отключается защитой на стадии возникновения повреждения, когда из-за электрического пробоя оказывается поврежденной только изоляция витков обмоточного провода, а не сам провод.

Использовать повторно снятый с обмотки провод после восстановления его изоляции путем переизолировки можно и при поступлении в ремонт обмоток с признаками сильного износа (старения) их изоляции вследствие продолжительной работы в условиях частых и длительных перегревов.

Процесс переизолировки снятого с обмотки провода состоит из операций удаления с него старой изоляции, отжига, рихтовки и покрытия новой изоляции. Отжигают и удаляют старый обмоточный провод, нагревая его в печи до 550—600 С, а затем промывая в горячей воде. Для изолирования обмоточного провода применяют оплеточные станки или специальные приспособления, сочетаемые с обычным токарным станком (рис. 62). Голый провод с барабана 1 подается через рихтовочное устройство (ролики 2 при круглом проводе или матрицу 4 — при прямоугольном), сквозной шпиндель станка, направляющие ролики 8 и ведущий барабан 9 на приемный фрикционный барабан 3. При прохождении провода диски 5 с рулонами изоляционной бумаги, вращаясь



обмоточных проводов с помощью токарного станка:

5 — диски, 6 и 8 — прессующие и направляющие ролики, 7 — приспособление

вокруг провода, изолируют его, оплетая бумагой, ролики 6 опрессовывают оплетенный провод, а оплеточное приспособление 7, состоящее из вращающихся дисков и закрепленных на них катушек хлопчатобумажных ниток, обматывает изолированный провод нитками, закрепляя таким образом изоляционный слой бумаги на проводе.

В качестве изолирующих материалов применяют хлопчатобумажную (шелковую, стеклянную, из химических волокон) пряжу высоких номеров (№ 60 и выше), ленты из кабельной или телефонной бумаги шириной 10–25 мм и толщиной 0,05–0,12 мм. Бумажную ленту навивают на провод спирально (под углом 45°) с перекрытием на 1/3 или 1/2 ширины ленты. Тонкую бумагу навивают на изолируемый провод в два или три слоя, причем нижний (первый) слой кладут с зазором 0,5–0,8 мм или встык, а верхний — с полуперекрытием ширины ленты. Полосы изолирующей ленты склеивают бакелитовым лаком друг с другом и на концах оплетенного провода.

Специальный бумагооплеточный станок БОС-20 (рис. 63) состоит из приемного барабана 1, укрепленного на приемном устройстве 2 с фрикционным проводом 3, который связан ременной передачей с тянущим барабаном 6. Оплетаемый провод, сматываясь с бухты 12, установленной на тележке 13, проходит через рихтующее устройство 11, направляющую втулку 10, бумагооплеточные узлы 9 с установленными на них бумажными рулончиками 8 и выходную втулку 7. Пройдя этот путь со скоростью 20 м/мин, провод рихтуется, оплетается бумажной лентой и с помощью проводоукладчика 4 наматывается равномерно и плотными рядами на приемный барабан 1. Станок приводится в действие приводом, состоящим из электродвигателя 14, соединенного муфтой 15 с редуктором 16. Приемное устройство и тянущий барабан связаны с приводом станка цепными передачами, бумагооплеточные узлы — ременными.

При правильном выполнении операций переизолировки старый обмоточный провод по своим качествам будет равен новому.

В ремонт поступают трансформаторы с различными повреждениями. В одних трансформаторах оказывается поврежденной только изоляция обмоток, а в других бывают повреждены (оплавлены) и обмоточные провода. При аварии, вызвавшей даже частичное выгорание проводов обмотки, резко ухудшается изоляция и у неповрежденной ее части. Обмотки с небольшим участком выгоревших проводов и изоляции ремонтируют в ряде случаев путем только частичной перемотки. Однако такой ремонт связан с трудностью удаления поврежденной части обмотки и намотки новых секций (а при этом нередко нарушается целостность изоляции неповрежденной части

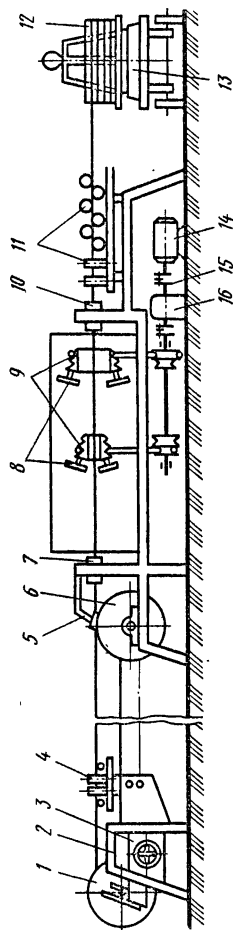


Рис. 63. Схема бумагооплеточного станка БОС-20:

1 и 6 — приемный и текущий барабаны, 2 и 11 — приемное и рихтующее устройства, 3 — фрикционный привод, 4 — проводоукладчик, 5 — отжимной ролик, 7 и 10 — втулки, 8 — бумажные рулончики, 9 — бумагооплеточные узлы, 12 — бухта проволоки, 13 — тележка, 14 — электроподвигатель, 15 — муфта, 16 — редуктор

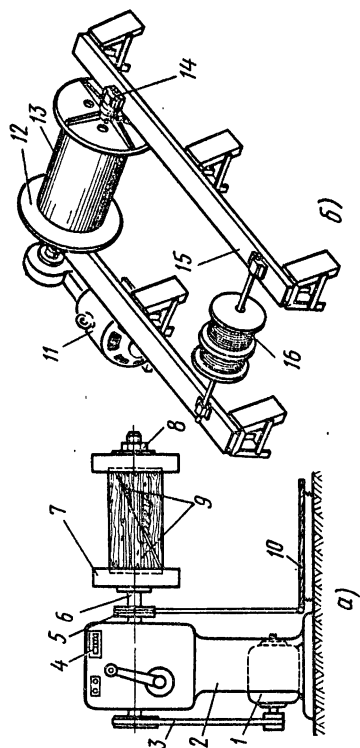


Рис. 64. Станки для намотки обмоток силовых трансформаторов:

а — консольный, б — козловой; 1 и 11 — электроподвигатели, 2 — станина, 3 — ремённая передача, 4 — счетчик, 5 — муфта сцепления, 6 — шпиндель, 7 — диск из текстолита, 8 — гайка, 9 — клинья шаблон, 10 — ножная педаль, 12 — стальной диск, 13 — разъемный шаблон, 14 — разъемный деревянный подшипник, 15 — опорная конструкция из швеллерных балок, 16 — барабан с обмоточным проводом

ремонтируемой обмотки). Следует также учитывать, что при частичной перемотке поврежденной обмотки должны использоваться изоляционные и проводниковые материалы, равноценные сохранившимся в ее неповрежденной части, а это не всегда возможно из-за отсутствия материалов, применявшихся ранее в трансформаторостроении. При частичной перемотке ограничиваются возможности применения новых, более качественных изоляционных материалов из-за нарушения единства изоляции обмоток.

Эксплуатация трансформаторов с частично перемотанными обмотками показала, что продолжительность их работы в 2—3 раза короче, чем у трансформаторов с полностью перемотанными обмотками. Поэтому при необходимости ремонта частично поврежденных обмоток целесообразно в каждом случае решать вопрос о возможности замены их вновь намотанными обмотками.

Намотка новой обмотки. Намотку (изготовление) новой обмотки выполняют по образцу поврежденной или же пользуясь расчетной запиской и чертежами обмотки. Новую обмотку наматывают на намоточных станках, выбор которых зависит от размеров и конструкции обмотки. Намоточные станки в зависимости от положения оси вращения разделяют на две основные группы: с горизонтальной и вертикальной осями вращения. Для намотки обмоток трансформаторов I—III габаритов применяют обычно намоточные станки с горизонтальной осью вращения, а IV габарита и выше — как с горизонтальной, так и вертикальной осью вращения. Ниже приведены краткие описания устройств намоточных приспособлений и станков с горизонтальной осью вращения.

Намоточный станок консольной конструкции с деревянным шаблоном предназначен для намотки обмоток трансформаторов I и II габаритов. Козловой намоточный станок с разборным стальным шаблоном используется при намотке обмоток трансформаторов II и III габаритов.

Консольный намоточный станок (рис. 64, а), применяемый для намотки обмоток трансформаторов мощностью до 630 кВ·А, состоит из электродвигателя 1, смонтированного в станину 2 и укрепленного на шпинделе 6 станка намоточного шаблона, состоящего из двух встречных деревянных клиньев 9, зажатых дисками 7, которые закреплены гайкой 8. Счетчик 4 показывает число оборотов, произведенных шпинделем, а следовательно, и количество намотанных витков. Наличие в шаблоне встречных клиньев позволяет легко снимать с него готовую обмотку; для этого достаточно отвернуть гайку 8 и развести клинья шаблона. Пуск и остановку вращения шаблона производят педалью 10, механически соединенной с муфтой сцепления 5.

Козловой намоточный станок (рис. 64, б) имеет швеллерную опорную конструкцию 15, шаблон 13 и электродвигатель

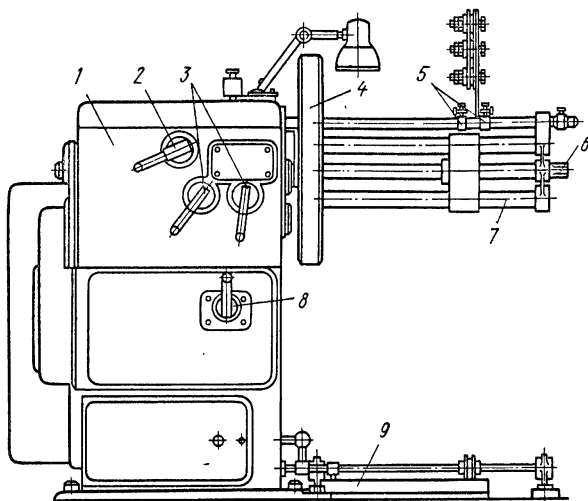


Рис. 65. Станок модели ТТ-20 для намотки обмоток трансформаторов:

1 — передняя бабка, 2 — рукоятка отключения шпинделя, 3 — рукоятки переключения частоты вращения, 4 — планшайба, 5 — упоры для установки на автоматический реверс, 6 — квадрат для ручного перемещения каретки самохода, 7 — каретка и механизм реверса, 8 — рукоятка ручного реверса каретки, 9 — педаль ногового управления фрикционной муфтой

11 с редуктором. Шаблон представляет собой разрезной цилиндр, изготовленный из листовой стали толщиной 1,5—2 мм. В разрезе цилиндра установлена и закреплена деревянная планка, которую после окончания намотки удаляют, и таким образом облегчается съем готовой обмотки с шаблона. Шаблон зажимается двумя стальными дисками 12, насаженными на стальной вал и закрепленными на нем гайкой. В дисках имеются радиальные прорези овальной формы, расположенные на одинаковом расстоянии друг от друга. В прорезях дисков устанавливают кулачки, на которых крепится шаблон. Наличие в дисках прорезей с кулачками позволяет крепить на них шаблоны разных диаметров и таким образом наматывать обмотки для трансформаторов мощностью до 4000 кВ·А включительно.

Более совершенным является намоточный станок модели ТТ-20 (рис. 65), который состоит: из передней бабки 1 с расположенными на ней рукоятками 2 отключения шпинделя, рукоятками 3 переключения частоты вращения и рукояткой 8 — ручного реверса каретки; планшайбы 4; каретки 7

с механизмом реверса; упоров 5 для установки на автоматический реверс; педали 9 ножного управления фрикционной муфтой. Квадрат 6 служит для ручного перемещения каретки самохода.

Благодаря наличию фрикционной конусной муфты, включаемой ножной педалью 9, обеспечивается постепенное натяжение обмоточного провода и равномерная укладка витков в процессе изготовления обмотки. Ножное управление станком позволяет освободить руки рабочего, занятого укладкой витков обмотки, от необходимости отвлекаться непосредственно от намотки на ручное управление станком.

Намоточные станки оснащают шаблонами, натяжными приспособлениями и стойками с натяжными устройствами для барабанов с обмоточным проводом.

Для регулирования натяжения обмоточных проводов при намотке обмоток применяют приспособления (тормозные зажимы) и стойки различных конструкций.

Тормозные приспособления (рис. 66, а, б, в) должны обеспечивать регулируемое натяжение и не повреждать изоляцию проводов, при намотке винтовых обмоток позволять быструю перекладку проводов относительно друг друга во время выполнения групповых и общих транспозиций, при намотке непрерывных обмоток иметь устройство для «мертвого» торможения при затяжке секций.

Стойка с тормозным приспособлением (рис. 67) состоит: из сварной рамы 1, установленной на четырех катках 6 и способной передвигаться параллельно шаблону намоточного станка; сферических направляющих втулок 2, способных покачиваться в своих гнездах; роликов 3 с канавками; кронштейнов 4 с втулками; регулируемых тормозов 5. Стойка рассчитана на две бухты круглого обмоточного провода диаметром до 3 мм. Бухты с проводом устанавливают на коническую вертушку и располагают под сферическими направляющими втулками, а конец провода пропускают через сферическую втулку и наматывают один или несколько раз в виде восьмерки на верхний и нижний ролики. Регулируемый тормоз 5 притормаживает нижний ролик. Изменяя число петель на роликах и силу торможения нижних роликов, получают требуемое натяжение обмоточного провода при его намотке.

Перед началом намотки обмоток следует, используя чертежи, дефектировочную, маршрутную и технологическую карты, заготовить необходимые изоляционные и проводниковые материалы и инвентарные приспособления, а также рабочие и мерительные инструменты. Надо подготовить шаблон, соответствующий размерам будущей обмотки, а также проверить исправность намоточного станка. Рабочее место обмотчика должно быть свободно от посторонних предметов и хорошо освещено.

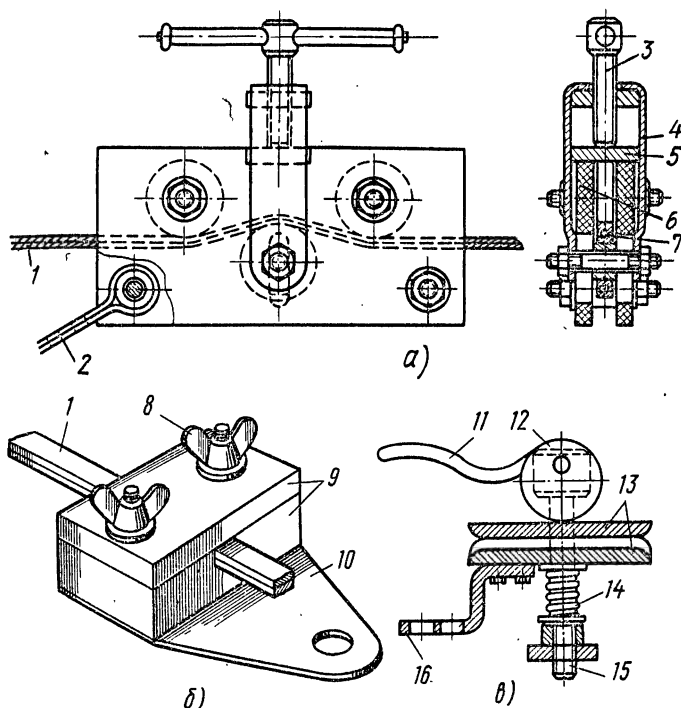
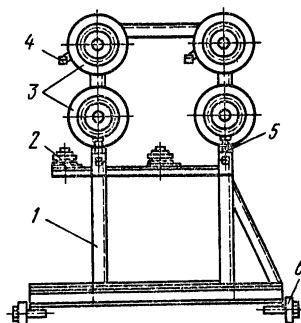


Рис. 66. Зажимы для обеспечения натяжения провода при намотке обмоток:

a — винтовой, *б* — плашечный, *в* — эксцентриковый; 1 — обмоточный провод, 2 и 16 — деталь и стойка крепления зажима, 3 — натяжной винт, 4 — скоба, 5 и 13 — опорная и тормозные планки, 6 — щеки из текстолита, 7 — шарикоподшипник; 8 — винт с барашком, 9 — зажимные плашки из текстолита, 10 — основание зажима (стальная пластина толщиной 3 мм), 11 — рукоятка, 12 — эксцентрик, 14 — пружина, 15 — обычный винт

Рис. 67. Стойка с тормозным приспособлением для регулирования натяжения обмоточного провода:

1 — рама, 2 — сферическая направляющая втулка, 3 — верхний и нижний ролики, 4 — кронштейн с втулкой, 5 — регулируемый тормоз, 6 — каток



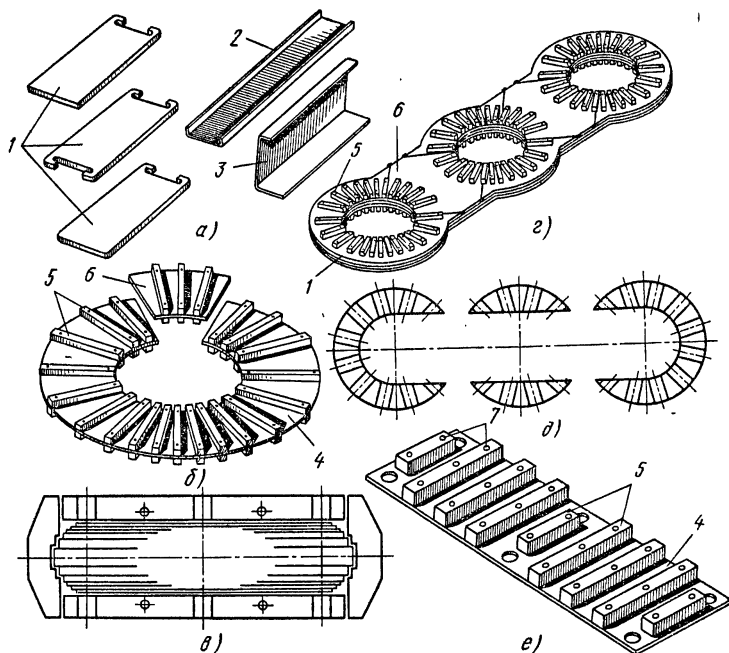


Рис. 68. Сборная изоляция маслонаполненных трансформаторов: а — изоляционные детали, б — ярмовая изоляция трансформатора на 35 кВ с вынимающимся сектором, в — уравнивательная изоляция из деревянных планок, г — ярмовая изоляция трансформатора на 110 и 220 кВ, д — уравнивательная изоляция из пластин электрокартона с прикрепленными прокладками, е — изоляционный «мост»; 1 и 5 — прокладки, 2 — коробка, 3 — щиток, 4 — шайба (лист), 6 — вставка, 7 — заклепки из дерева

При изготовлении, сборке и монтаже обмоток в качестве изоляционных материалов применяют бумагу (кабельную, телефонную), электротехнический картон и деревянные детали, а также изоляционные конструкции (рис. 68) из этих материалов.

Провода обмотки обычно наматывают на бумажно-бакелитовый цилиндр; кабельную и телефонную бумагу используют чаще всего в качестве межслойной изоляции, картон в виде прокладок и штампованных или клееных изоляционных деталей, а изоляционные конструкции — как уравнивательную и ярмовую изоляцию.

Размещение оборудования и оснастки при готовности к намотке обмоток показано на рис. 69. Металлический шаблон (цилиндр) 5 установлен на намоточном станке. На шаблон надеты шайбы 3 с прорезями, в которых закреплены рейки 4 с набором дистанционных прокладок из электрокартона.

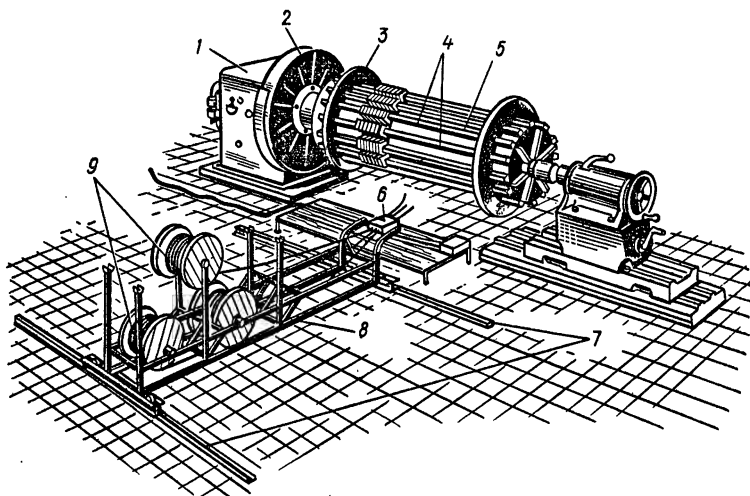


Рис. 69. Размещение оборудования и оснастки при готовности к намотке обмоток:

1 — передняя (приводная) бабка намоточного станка, 2 — планшайба, 3 — шайба для установки реек, 4 — рейки, 5 — стальной цилиндр, 6 — натяжное устройство, 7 — рельсы, 8 — каретка, 9 — барабаны с обмоточным проводом

По фронту намоточного станка проложены рельсы 7, по которым может перемещаться каретка 8 с барабанами 9 обмоточного провода. Для создания необходимого натяжения обмоточного провода во время намотки на каретке установлено регулируемое натяжное устройство 6. Управление станком ножное, педальное.

Намотку обмоток производит рабочий-обмотчик, а не слесарь по ремонту трансформаторов, однако последний должен быть знаком в общих чертах с технологией обмоточных работ и оборудованием, при помощи которого ремонтируют и изготавливают обмотки трансформаторов. Ниже в порядке ознакомления с основными технологическими операциями намоточных работ приведено краткое описание наиболее распространенного в трансформаторах I—IV габаритов способа намотки — непрерывной обмотки.

Непрерывной (см. рис. 39, 2) называют обмотку за то, что в ней переход от одной катушки к другой производится без перерыва провода. Витки непрерывной обмотки могут быть из одного или нескольких параллельных проводов. При использовании параллельных проводов вместо одного провода большого сечения снижаются потери от вихревых токов в обмотках и облегчается намотка катушек, поскольку вместо одного массивного провода применяется несколько тонких. Для выравнивания длины и сопротивления

проводов, а также положения каждого из них в магнитном поле рассеяния при переходе из катушки в катушку их меняют местами (транспонируют). Транспозиция параллельных проводов осуществляется в процессе намотки на каждом переходе из катушки в катушку.

Конструктивно наиболее простой и технологически легко выполнимой является непрерывная обмотка из одного провода и целым числом витков. Непрерывную обмотку наматывают на рейки, накладываемые на бумажно-бакелитовый или временный (технологический) стальной цилиндр (шаблон). К намотке приступают после выполнения подготовительных работ и расстановки оборудования и оснастки (см. рис. 69). Закрепляют конец провода требуемой длины в прорези шаблона для установки реек и ослабляют натяжение обмоточного провода, затем, запустив намоточный станок, приступают к намотке (в несколько приемов) первой перекладной катушки. Вначале наматывают (без натяжения) витки временной катушки (рис. 70, *а* и *б*) и выполняют переход в следующую катушку (рис. 70, *в*). Затем вручную производят перекладку витков временно намотанной катушки (рис. 70, *г*, *д*), передвигают всю катушку на прежнее место и затягивают витки до заданного радиального размера (рис. 70, *е*). Перекладку витков временно намотанной катушки выполняют по одному витку и в последовательности, обратной намотке; вначале снимают верхний виток и укладывают его на рейки, затем снимают следующий виток и укладывают на первый и т. д. Когда последний (нижний) виток будет уложен на верх катушки, получившейся после перекладки, на нее устанавливают четыре — восемь (в зависимости от диаметра обмотки) П-образных деревянных зажимов для предохранения витков от рассыпания при затяжке. Катушку с переложенными витками передвигают на ее постоянное место вплотную к дистанционным прокладкам и производят затяжку с помощью специального приспособления.

В процессе затяжки уплотняют витки катушки легкими ударами деревянного молотка в осевом и радиальном направлениях, а затем закрепляют конец обмотки банджом из тафтяной ленты. Передвигают по рейкам дистанционные прокладки (образующие канал между первой и второй катушками) и производят намотку второй постоянной катушки с необходимым натяжением провода и уплотнением ее витков. После намотки на катушку устанавливают П-образный деревянный зажим или П-образную трубку-фиксатор, отмечают переход в следующую (третью перекладную) катушку, выполняют переход и продолжают намотку.

Переходы должны быть выполнены особенно тщательно, так как являются наиболее опасным участком обмотки в отношении пробоя изоляции. Все переходы выгибают гибочным приспособлением и дополнительно изолируют: внутренний —

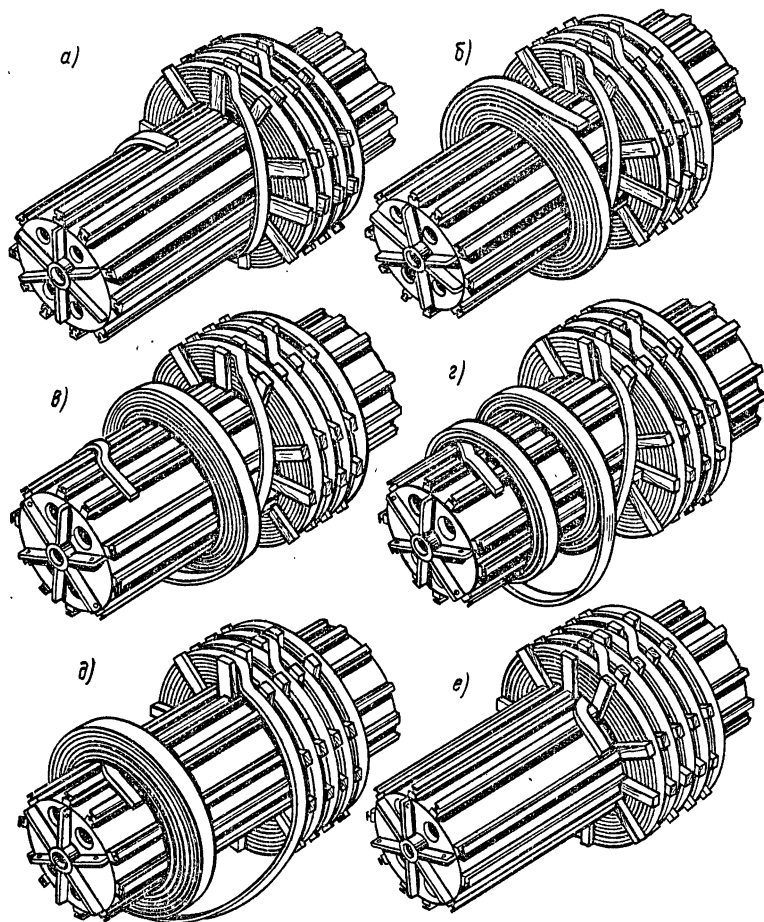


Рис. 70. Процесс намотки катушек непрерывной обмотки из одного провода :

а — выполнение наружного перехода постоянной катушки и намотка первого витка перекладной катушки, *б* — намотка витков временной катушки, *в* — выполнение перехода перекладной катушки, *г* — перекладка витков временной катушки, *д* — законченная перекладка витков катушки, *е* — перекладная катушка с внутренним переходом для намотки постоянной катушки

прокладкой (или коробочкой), накладываемой на провод сверху, а наружный — снизу.

Третью секцию выполняют так же, как первую. Вначале передвигают требуемое число дистанционных прокладок вплотную ко второй катушке, укладывая один виток на другой; после укладки последнего витка выполняют внутренний

переход в четвертую (постоянную) катушку и производят перекладку и затяжку витков, как описано выше. После установки прокладок между третьей и четвертой катушками производят намотку четвертой (постоянной), выполняют наружный переход из четвертой в пятую катушку и продолжают намотку последующих катушек, повторяя технологические приемы намотки перекладных и постоянных катушек.

Ранее была рассмотрена технология намотки непрерывной обмотки из одного провода. Когда витки непрерывной обмотки состоят из нескольких параллельных проводов, процесс намотки ведется так же, как и в случае намотки одним проводом, за исключением устройства переходов из одной катушки в другую.

Для непрерывных обмоток трансформаторов I—II габаритов применяют преимущественно алюминиевый провод АПБ, для трансформаторов больших мощностей — медный провод ПБ. Непрерывные обмотки для напряжений до 35 кВ наматывают проводом с нормальной изоляцией толщиной 0,4—0,55 мм на две стороны. Для напряжения 110 кВ используют провод с усиленной изоляцией — 1,2—1,35 мм. Кроме того, обмотки на напряжение 110 кВ для большей электрической прочности имеют по две концевые катушки, намотанные проводом с усиленной изоляцией 1,68—1,92 мм на две стороны.

Для защиты от возможных и нередко возникающих в линии электропередачи перенапряжений непрерывную обмотку ВН на напряжение 110 кВ и выше снабжают частичной емкостной защитой в виде экранирующих витков и емкостных колец, выравнивающих электрическое поле во входных катушках обмотки. Экранирующие витки из провода с усиленной изоляцией накладываются непосредственно на входные катушки обмотки, а емкостные кольца устанавливаются отдельно по торцам обмотки. Емкостное кольцо представляет собой прессованное кольцо (шайбу) из электрокартона, обернутое металлической фольгой (с некоторым разрывом во избежание короткозамкнутого витка) и изолированное кабельной бумагой. Выводные концы от экранирующих витков и емкостного кольца соединяются пайкой вместе и припаиваются к начальному витку обмотки.

Непрерывные обмотки, имеющие ряд преимуществ по сравнению с обмотками других типов и исполнений, получили широкое распространение в трансформаторах разных мощностей и напряжений. Основное их преимущество — большая стойкость к осевым усилиям, возникающим при коротких замыканиях. Непрерывная обмотка имеет большую торцевую опорную поверхность и допускает подпрессовку в осевом направлении при ее ослаблении.

Намотка обмоток других типов (например, винтовой) производится с соблюдением основных технологических требо-

ваний, предъявляемых к намотке непрерывной обмотки. Учитывая это, описание технологии изготовления новых обмоток приведено на примере намотки обмотки только одного типа и конструктивного исполнения — непрерывной обмотки.

Сушка и прессовка обмотки. Вновь изготовленная обмотка подвергается сушке, для чего предварительно стягивается (запрессовывается) в специальных плитах, иначе она может рассыпаться при транспортировании к месту выполнения очередных технологических операций — сушки и подпрессовки.

Стяжку обмотки производят с помощью круглых стальных плит с отверстиями и стяжных шпилек. Для выполнения стяжки устанавливают плиты на торцах обмотки, продевают в отверстия плит стяжные шпильки и, равномерно наворачивая гайки, стягивают на шпильках обмотку настолько сильно, чтобы она не рассыпалась при перемещении к месту выполнения следующей операции — сушки.

Сушка — важная операция, повышающая качество обмоток и продлевающая продолжительность их работы. Она предназначена для удаления влаги, наличие которой в бумажной изоляции резко снижает электрическую прочность и срок ее службы.

Обмотки на напряжения до 35 кВ сушат при температуре, не превышающей 105°C в обычных сушильных камерах, оборудованных вытяжной вентиляцией и электрическим или паровым подогревом. Сушку обмоток напряжением 35 кВ и выше производят в вакуум-сушильных камерах. Преимущество этого вида сушки состоит в том, что после прогрева обмотки создается (благодаря вакууму в камере) разность давлений между внутренними и наружными слоями изоляции, способствующая интенсивному выходу влаги на поверхность и ее быстрому испарению.

Первоначально обмотка была стянута стяжными плитами так, чтобы ее можно было только перемещать без опасения рассыпания. Более сильное стягивание обмотки плитами препятствовало бы интенсивному испарению влаги из ее изоляции. Поэтому после сушки производят подпрессовку обмотки, которую выполняют при помощи гидропресса без снятия плит или завертыванием гаек на шпильках стяжных плит до тех пор, пока размер обмотки в осевом направлении не достигнет требуемой величины.

После сушки и прессовки обмотку отделяют: проверяют ее размеры, устраняют (с помощью клиньев) наклон катушек, обрезают выступающие части реек и клиньев, изолируют поврежденные участки изоляции, подбивают выступающие переходы проводов, направляют смещенные полосы изоляции под переходами, выявляют и устраняют другие дефекты обмотки, появившиеся в процессе намотки, сушки или прессовки.

По окончании намотки, сушки и прессовки, а также готовую обмотку подвергают различным проверкам и испытаниям с целью контроля качества и определения правильности выполненных операций ее изготовления.

Готовую обмотку отправляют в отделение сборки или устанавливают в специальной раме, предотвращающей ее деформацию, и отправляют на хранение в сухое и отапливаемое помещение.

§ 27. РЕМОНТ МАГНИТОПРОВОДОВ

Магнитопроводы, поступающие в ремонт, нуждаются преимущественно в частичном ремонте, реже — в ремонте с полной разборкой и перешихтовкой активной стали.

При частичном ремонте магнитопровода нет необходимости в его полной разборке. Частичный ремонт выполняют при незначительных повреждениях активной стали или отдельных деталей магнитопровода, например при местных замыканиях и небольших оплавлениях листов активной стали, повреждениях изоляционных деталей, ослаблении крепления ярмовых балок, забойках и т. п.

Очаги прогара и оплавления активной стали расчищают, снимая образовавшиеся наплывы металла карборундовым камнем, насаженным на вал электросверлильной машинки, или вырубая зубилом. После очистки поврежденного участка от наплывов металла распрессовывают частично пластины магнитопровода на этом участке, отделяют сварившиеся кромками пластины друг от друга, снимают заусенцы с кромок пластин и, очистив этот участок от остатков старой изоляции и металлических опилок, изолируют пластины, прокладывая между ними листы телефонной или кабельной бумаги.

При наличии забойн в стержнях активной стали магнитопровода пластины такого стержня распрессовывают (ослабляют прессовку стержня, отворачивая на несколько оборотов гайку прессующей шпильки), а затем с помощью деревянных клиньев разводят пластины и после выпрямления плоскогубцами загнутых кромок пластин прокладывают между ними листы изоляции из кабельной или телефонной бумаги и с помощью прессующей шпильки вновь спрессовывают стержень.

Нередко в ремонтируемых магнитопроводах оказываются полностью поврежденными бумажно-бакелитовые трубки, изолирующие стяжные шпильки от активной стали.

При отсутствии бумажно-бакелитовых трубок требуемых размеров, что часто случается при ремонте трансформаторов старых конструкций, изготавливают новые трубки следующим образом. Нарезают кабельную бумагу полосами шириной, превышающей на 20—25 мм длину требуемой трубки, накатывают нарезанную полосу бумаги на шпильку (или

другой металлический стержень соответствующего диаметра), промазывая при этом каждый слой бумаги (кроме трех первых слоев, прилегающих к шпильке) бакелитовым лаком. Необходимое количество слоев бумаги определяется толщиной стенок трубки (толщина стенок трубки и ее размеры должны соответствовать этим же данным трубки заводского исполнения). Во избежание развертывания бумаги, накрунутой на шпильку, накладывают вразбежку по всей длине шпильки временный бандаж из тафтяной ленты и запекают в течение 3—4 ч в шкафу при температуре, не превышающей 105°С. По окончании запекания удаляют временный бандаж, обрезают ровно концы трубки в соответствии с требуемым размером и очищают, устраняя с ее поверхности наплывы бакелитового лака и неровности.

Изоляционные трубки можно изготовить также из электрокартона толщиной 0,5—1 мм. Перед намоткой полосу электрокартона слегка смачивают водой. Последний слой наматываемого электрокартона смазывают бакелитовым лаком, затем трубку плотно бандажируют киперной лентой и запекают. После запекания бандаж удаляют, все местные утолщения и неровности снимают острым ножом, в результате чего трубка получается монолитной и прочной.

Необходимость ремонта с полной разборкой и перешлифовкой возникает при таких тяжелых повреждениях, как «пожар стали», при котором может выйти из строя значительная часть пластин активной стали магнитопровода и изоляционных деталей.

Ремонт магнитопровода с поврежденными пластинами активной стали состоит из следующих основных работ: подготовки к ремонту, разборки магнитопровода, очистки и изоляции пластин и др.

Подготовка к ремонту. В состав работ по подготовке к ремонту входят: подготовка рабочей площадки (освещение рабочего места, расстановка необходимого инвентаря и вспомогательного оборудования, удобная для работы раскладка инструмента и материалов, обеспечение средствами безопасности труда и оказания первой медицинской помощи и др.); подбор инструментов и приспособлений, в том числе комплекта гаечных, разводных и торцевых ключей, медных подбоек (рис. 71, а) для выравнивания листов стали, деревянных лотков (рис. 71, б) для переноски обрабатываемых пластин, комплекта удлиненных стяжных шпилек соответствующих размеров, набора слесарных зубил и молотков, клуппа и метчиков для нарезания резьбы, электрифицированного инструмента и других инструментов, необходимость применения которых определяется конструкцией магнитопровода;

заготовка основных и вспомогательных материалов (электротехнической и конструкционной стали требуемых марок и

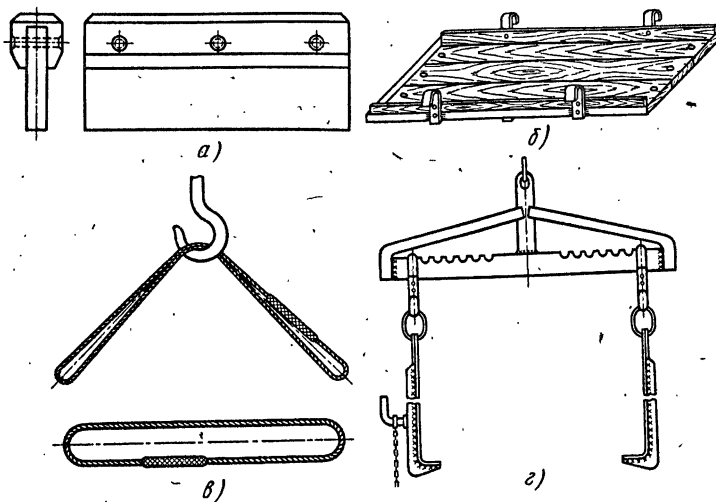


Рис. 71. Приспособления, применяемые при разборке и сборке трансформаторов:

а — подбойка, *б* — переносной лоток, *в* — стропы, *г* — траверса с тягами для съема и насадки обмоток

размеров, электроизоляционного картона, кабельной и телефонной бумаги, бакелитового лака и лака для изоляции пластин стали, обтирочных концов, керосина, моечных эмульсий и др.);

проверка обеспеченности работ оборудованием и необходимой оснасткой (наличие и состояние гильотинных ножниц для резки стали и изоляционных материалов, прессы и штампов для изготовления новых пластин стали, сверлильного станка с набором сверл требуемых размеров, лакировального станка, сушильного шкафа и другого оборудования, необходимого для выполнения отдельных операций ремонта).

На стадии подготовки к ремонту электрослесарь снимает эскизы магнитопровода с указанием точных его размеров, расположения и толщины пакетов, места установки и размеров заземляющих лент, а также изоляционных и вспомогательных деталей. Особая необходимость в таком эскизировании возникает при ремонте магнитопроводов силовых трансформаторов отечественного производства, но старых конструкций и при отсутствии требуемой технической документации магнитопроводов, изготовленных фирмами зарубежных стран.

Перед началом ремонта магнитопровода электрослесарь-ремонтник должен еще раз лично проверить наличие необходимых инструментов и материалов, а также состояние

имеющихся защитных средств, предписываемых правилами безопасности труда и местными инструкциями при выполнении операций ремонта магнитопровода.

Разборка ремонтируемого магнитопровода. Последовательность выполнения основных операций разборки магнитопровода в каждом случае зависит от его конструкции и принятого при изготовлении (или очередном ремонте) способа прессовки ярм и стержней.

Прессовка ярм магнитопровода полубандажами, а его стержней стеклобандажами применяется сравнительно недавно, и количество поступающих в ремонт трансформаторов с такими магнитопроводами невелико. В магнитопроводах большинства трансформаторов, поступающих в ремонт, использована шпильчатая прессовка ярм и стержней, поэтому ниже в первую очередь приводится описание способов выполнения основных операций разборки шпильчатых магнитопроводов.

Разборку ремонтируемого шпильчатого магнитопровода начинают с демонтажа верхних ярмовых балок и расшивки верхнего ярма. Эту часть работы начинают с распрессовки ярма, т. е. с отвинчивания гаек на стяжных шпильках. Для этого предварительно вставляют временные удлиненные стяжные шпильки в отверстия на концах ярмовых балок и закрепляют гайками во избежание развала ярмовых балок в процессе разборки, когда будут удалены постоянные стяжные шпильки. Далее равномерно ослабляют, а затем полностью отвинчивают гайки на стяжных шпильках верхних ярмовых балок, после чего вынимают прессующие шпильки вместе с бумажно-бакелитовыми трубками и другими деталями. Освобожденные от креплений верхние ярмовые балки незаменимо заменяемы, поэтому их маркируют надписями «сторона ВН», «сторона НН» и снимают вместе с изолирующими электрокартонными прокладками. Ярмовые балки трансформаторов мощностью до 400 кВ·А снимают двое рабочих вручную, а более мощных — при помощи грузоподъемных механизмов и стропов из стального троса (рис. 71, в). При этом балки предварительно строят, а затем равномерно отвинчивают гайки, вынимают стяжные шпильки с изоляционными деталями, после чего снимают балки с помощью грузоподъемного приспособления.

Если ярма спрессованы ярмовыми балками с внешними шпильками или полубандажами, то операции по распрессовке ярма выполняют в такой последовательности: застропив балки, устанавливают временные шпильки, полностью отвинчивают гайки основных внешних шпилек или полубандажей, ослабляя прессовку ярма, и снимают прессующие детали и балки.

Продолжая разборку, демонтируют вертикальные шпильки, вынимают заземляющие ленты, снимают верхнюю уравнительную изоляцию. Детали, снятые при разборке магнитопровода,

тщательно осматривают: пригодные для повторного использования маркируют и сохраняют.

Раскомплектовав верхнее ядро, приступают к его расшивке. При выполнении операций расшивки очень важно сохранить тот порядок чередования пластин, в котором они находились в ядре до его разборки. Соблюдение этого требования вызвано тем, что заложенные в верхнее ядро пластины, имеющие одинаковую длину, отличаются по расположению в них отверстия. Неправильное чередование пластин при сборке приводит к тому, что в собранном ядре не образуется нормальное отверстие, необходимое для прохода стяжной шпильки.

Закончив расшивку верхнего ядра, приступают к демонтажу обмоток. Обычно даже при наличии только одной поврежденной обмотки — ВН или НН — демонтируют все обмотки магнитопровода, так как вызванные электрической дугой копоть сгоревшей изоляции и пары расплавленного металла, осевшие на поверхности неповрежденных обмоток, могут стать причиной быстрого выхода их из строя и повторного ремонта трансформатора.

Демонтаж обмоток начинают с разборки схемы их соединений и удаления отводов, после чего переходят к съему обмоток со стержней, начиная с расположенных снаружи обмоток ВН. Для снятия обмотки ВН предварительно выгибают верхние концы обмотки НН, чтобы они приняли вертикальное положение; в таком положении они не будут задевать и не повредят обмотку ВН при ее съеме с обмотки НН. Обмотки трансформаторов мощностью до 100 кВ·А снимают вручную двое рабочих, а 160 кВ·А и выше — специальным съемным приспособлением с траверсой и тягами (рис. 71, 2), подвешенным к крюку подъемного устройства.

Для съема плотно сидящей обмотки ее предварительно немного приподнимают (с помощью устройств типа домкратов, расставляемых равномерно по периметру обмотки), а затем заводят под обмотку тяги съемного приспособления, чтобы они заходили под опорное кольцо в зоне столба прокладок и не задевали за соседнюю обмотку или ее изоляцию. Обмотку вместе с тягами туго обвязывают пеньковым канатом вразбежку и, установив крюк подъемного механизма по центру обмотки, стропят к нему съемное приспособление.

Обмотку надо снимать, в строго вертикальном положении без малейших перекосов, вызванных неправильной установкой тяг съемного приспособления или его строповкой. Для этого сначала медленно приподнимают обмотку на 150—200 мм и проверяют правильность расположения тяг и центрированность строповых тросов на крюке подъемного механизма. Если перекосов нет (обмотка закреплена нормально и при ее подъеме тяги не задевают за внутреннюю обмотку или

изоляционный цилиндр), ее осторожно снимают. Соблюдая указанную выше последовательность, снимают все обмотки ВН, затем, переставив на траверсе съемного приспособления тяги соответственно диаметру обмотки НН, снимают поочередно (начиная с крайней обмотки) все обмотки НН. Далее снимают ярмовую и уравнительную изоляции, электрокартонные цилиндры, деревянные стержни и планки. Все снятые детали очищают от копоти, шлама и других загрязнений и тщательно осматривают для определения их состояния, степени повреждения и возможности ремонта. Демонтаж нижнего ярма производят аналогично демонтажу верхнего: распрессовывают нижнее ядро, снимают нижние ярмовые балки и расшихтовывают нижнее ядро. Далее по всему контуру магнитопровода разбирают пластины стали в порядке, в котором они были уложены в магнитопровод.

Снятые с магнитопровода пластины сортируют: исправные связывают пакетами и укладывают на одни переносные лотки, а поврежденные, требующие восстановления изоляции, — на другие лотки. непригодные пластины (оплавленные, с изломами и прожогами) отбраковывают.

Разбирать и собирать магнитопровод следует в горизонтальном положении, для этого при разборке его устанавливают и закрепляют в кантователе, с помощью которого и переводят из вертикального положения в горизонтальное по схеме, показанной на рис. 72. Иногда при ремонте магнитопроводов вместо отсутствующего кантователя применяют стальной лист толщиной 12—15 мм с подложенными под ним трубами в качестве катков (рис. 73).

Пластины с поврежденной межлистовой изоляцией, снятые с магнитопровода, ремонтируют, очищая от старой изоляции и покрывая новой.

Очистка и изоляция пластин. Очистку листов стали (пластин) магнитопровода от старой изоляции осуществляют механическим и химическим способами, а также отжигом и отпариванием в горячей воде. Способ очистки выбирают в зависимости от вида поврежденной изоляции.

Механическим способом очищают преимущественно пластины горячекатаной стали обычно на станках вращающимися стальными кардолентными щетками. Пластины при очистке устанавливают по отношению к щеткам под углом 45°.

Удаление изоляции механическим путем стальными щетками на станке — наиболее распространенный и простой способ, обеспечивающий быструю очистку стали. Однако в результате ударов стальных проволок по листу при вращении кардолентных щеток происходит нагартовка стали, а кроме того, шлифовка поверхности пластин, в результате чего дополнительно увеличиваются потери в стали. Поэтому ряд ремонтных предприятий использует химический способ очистки пластин от изоляции.

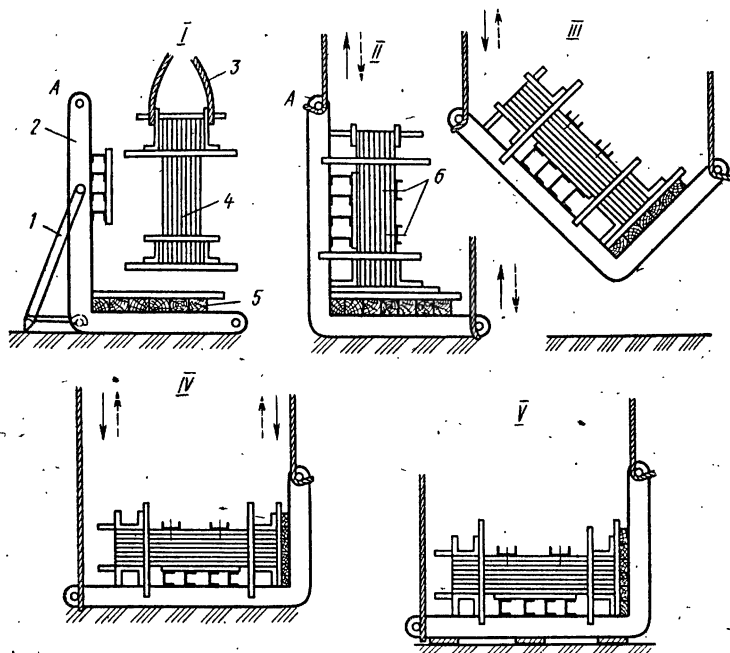


Рис. 72. Схема кантовки магнитопровода с помощью кантователя:

I — установка магнитопровода на кантователе, II — крепление магнитопровода и строповка кантователя, III — перемещение магнитопровода из вертикального положения в горизонтальное, IV — опускание магнитопровода, V — укладка магнитопровода для разборки; 1 — предохранительный упор, 2 — кантователь, 3 — стропы, 4 — магнитопровод, 5 — опорные деревянные брусья, 6 — стяжные шпильки со швеллерами

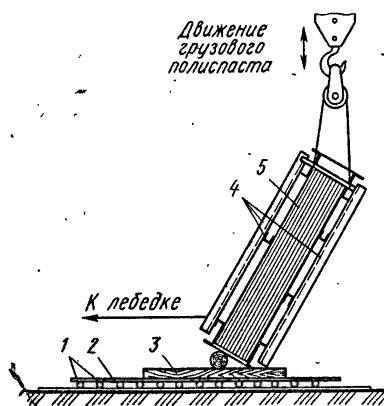


Рис. 73. Схема кантовки магнитопровода с использованием катков:

1 и 2 — стальные трубы и лист, 3 — шпалы, 4 — швеллерные балки, 5 — магнитопровод

Химический способ очистки позволяет легко удалять с пластин лаковую и бумажную изоляцию. При удалении лаковой изоляции погружают пластины в специальную ванну с 20%-ным раствором едкого натра (каустической соды) или 25%-ным раствором тринатрийфосфата и выдерживают в растворе в течение 15–20 мин*, после чего вынимают из ванны, промывают проточной горячей (90–95 °С) водой и, разложив на деревянных решетках или стеллажах, сушат.

Для химической очистки листов стали применяют следующее оборудование и несложные приспособления: подъемное устройство, необходимое для загрузки в ванну и выгрузки из нее пластин стали; две ванны с крышками; решетки или стеллажи для сушки очищенных и промытых пластин.

Очистку *способом отжига* производят в специальных термических печах при 350–500 °С. Этим способом можно очищать пластины, покрытые тонкими листами бумаги, применявшейся в магнитопроводах трансформаторов старых конструкций в качестве межлистовой изоляции, а также с лаковой изоляцией. Однако в настоящее время электроремонтные предприятия стали редко использовать этот способ из-за резкого снижения магнитной проницаемости и увеличения потерь в стали вследствие образования окалины на поверхности пластин и изменения структуры стали. Другой причиной отказа от очистки пластин способом отжига является борьба за чистоту окружающей среды, желание не загрязнять атмосферу продуктами сгорания бумаги и лака.

Наиболее простой способ удаления бумажной изоляции с пластин — отпаривание в воде, нагретой до 90–100 °С. Для ускорения процесса отслоения оклеечной бумаги от металла добавляют в воду слабый раствор едкого натра. Процентное содержание едкого натра в растворе (обычно 4–6 %) определяют опытным путем. При добавлении в воду дополнительно раствора едкого натра пластины, вынутые из ванны, следует промыть в теплой проточной воде.

После очистки пластин любым из перечисленных способов необходимо тщательно проверить, не осталась ли на пластинах старая изоляция. Пластины, не имеющие дефектов, изолируют, покрывая с обеих сторон однократно или двукратно пленкой лака, а затем запекая лаковую пленку.

Покрывают пластины стали лаком в лакировальных станках. На электроремонтных предприятиях применяется около десяти типов ручных и электродвигательных лакировальных станков с одинаковым принципом действия, но отличающихся

* Продолжительность пребывания пластин стали в растворе едкого натра или тринатрийфосфата подбирается опытным путем в зависимости от качества и толщины изоляционного покрытия пластин, а также концентрации и температуры раствора.

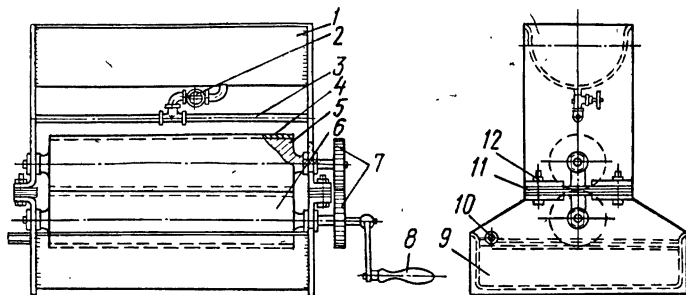


Рис. 74. Лакировальный станок РЭЛС-40:

1 и 9 — верхняя и нижняя ванны, 2 — запорный кран, 3 — распределительная трубка, 4 — резиновое покрытие, 5 и 6 — верхний и нижний валики, 7 — шестерни, 8 — рукоятка, 10 — патрубок, 11 — набор резиновых прокладок, 12 — установочный болт

только конструктивным исполнением отдельных сборочных единиц и деталей. Во всех лакировальных станках, используемых в настоящее время, лак наносился при прохождении листа или пластин стали между двумя встречно вращающимися валиками с маслобензостойким резиновым покрытием, непрерывно смачиваемым изоляционным лаком. Простой по конструкции лакированный станок РЭЛС-40 (рис. 74) состоит из заполняемой лаком верхней ванны 1 с запорным пробковым краном 2, двух обтянутых толстой (5—7 мм) резиной валиков 5 и 6 с шестернями 7 на концах и нижней ванны 9. Верхняя ванна соединена при помощи патрубка и тройника с распределительной трубкой 3, которая имеет по всей длине мелкие отверстия, служащие для равномерной подачи лака на поверхность верхнего валика 5. Лак поступает из верхней ванны 1 в трубку 3 самотеком. Верхний валик 5 прижат к нижнему валику 6 с помощью установочных болтов 12, между которыми помещен набор прокладок 11 из листов резины. Нижний валик расположен в нижней ванне 9 с патрубком 10. Для отвода лака, стекающего в нижнюю ванну, на патрубок 10 надевают резиновый шланг, конец которого опускают в ведро, из которого скопившийся лак периодически переливают в верхнюю ванну емкостью 40 кг. Лакировальный станок приводится в движение рукояткой 8, вращаемой одним рабочим или электродвигателем мощностью 0,8 кВт с редуктором, имеющим передаточное число, необходимое для обеспечения частоты вращения валиков 5 и 6 в пределах 22—24 об/мин.

На крупных электроремонтных предприятиях, специализированных по ремонту большого числа трансформаторов, нанесение и запекание изоляционного лака производится на лакировальном станке, объединенном с печью для запе-

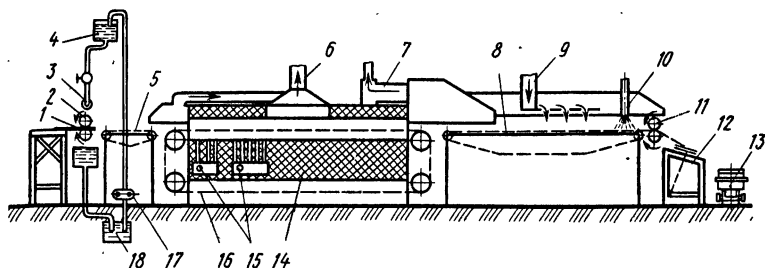


Рис. 75. Агрегатированный лакировальный станок:

1 — пластина магнитопровода, 2 — резиновые валики, 3 — труба с отверстиями, 4 и 18 — расходный бачок и резервуар с лаком, 5 и 8 — холодные транспортеры, 6 и 7 — вытяжная вентиляция, 9 — приточная вентиляция, 10 — форсунка для воды, 11 — резиновые валики (для отжима воды), 12 — приемный стол, 13 — самоходная тележка, 14 — печь, 15 — газовые горелки, 16 — горячий транспортер, 17 — насос перекачки лака из резервуара в расходный бачок

кания лаковой пленки. Такой лакировальный станок (рис. 75) представляет собой агрегат, в котором лакировальный механизм объединен с обогреваемой горелками 15 туннельной печью 14. Процесс лакирования пластин происходит так же, как и на станке РЭЛС-40, а запекание лаковой пленки следующим образом. Пластины, покрытые лаком, подаются холодным транспортером 5 в печь 14, где попадают на горячий транспортер 16, и при прохождении через нагретую туннельную печь лаковая пленка, запекаясь (полимеризуясь), образует прочную изоляционную пленку. После прохождения через печь горячие пластины попадают на холодный транспортер 8, где интенсивно охлаждаются потоком воздуха, поступающего из приточной вентиляции 9, а также проточной водой, поступающей из форсунки 10, установленной в конце холодного транспортера. Покрытые изоляцией пластины поступают на приемный стол 12, с которого их перегружают на самоходную тележку 13.

Прежде чем приступить к лакировке на любом из описанных выше лакировальных станков, определяют и регулируют пробным путем нормальное поступление лака на рабочие валики лакировального станка, а также производят лакирование и пробную запечку лаковой пленки. При положительных результатах приступают к лакировке всей партии пластин.

К изоляционной пленке лака предъявляются следующие основные требования: минимальная толщина (должна быть на две стороны при однократном покрытии не более $0,01 \pm 0,004$ мм, при двукратном покрытии — не более $0,02 \pm 0,006$ мм); необходимая электрическая прочность и сопротивление; высокая механическая прочность; нагревостойкость, обеспечивающая сохранение качества пленки при

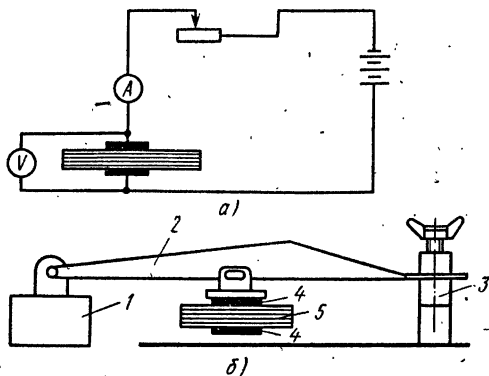


Рис. 76. Прибор для проверки электрического сопротивления изоляции пластин стали:
а — схема, б — устройство; 1 — груз, 2 — рычаг, 3 — стойка, 4 — медные электроды, 5 — пакет пластин стали

возможных температурах нагрева работающего трансформатора; маслостойкость (способность лаковой пленки противостоять воздействию горячего масла трансформатора); наличие сплошной блестящей гладкой поверхности без пропусков, натеков и обгоревших участков. При нажатии пальцем на пленку, не должно оставаться отпечатка.

Одним из основных показателей качества изоляции пластин является ее электрическое сопротивление, проверяемое в ремонтных условиях с помощью простого прибора, схема и устройство которого показаны на рис. 76.

Измерения производят в трех точках, лежащих на оси отверстий, и в любых точках на гладкой поверхности пластин. Испытывают три пакета, состоящие каждый из двух пластин, затем один пакет, собранный из ранее испытанных шести пластин. При сборке пакетов 5 кромки пластин должны совпадать. Образцы закладывают между медными электродами 4 с контактной поверхностью 150 см^2 так, чтобы их осевая линия была направлена вдоль пластин. Сжатие пакета пластин между электродами, осуществляемое грузом 1 прибора, должно быть $5-6 \text{ кПа/см}^2$, испытательное напряжение — $6-12 \text{ В}$, регулируемая сила тока — $0,4 \text{ А}$.

Проверенные и испытанные изолированные пластины на лотках или тележках доставляют к месту сборки магнитопровода. Погрузку, транспортирование и выгрузку пластин необходимо осуществлять с предосторожностью, исключая повреждение как самих пластин, так и их изоляции.

§ 28. РЕМОНТ ПЕРЕКЛЮЧАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

При ремонте трансформаторов особое внимание уделяют состоянию контактной системы переключающих устройств. Причиной аварийного выхода из строя трансформатора в десяти случаях из ста бывает неисправность переключающих устройств, в частности повреждение их контактов. К неисправностям в контактах переключающего устройства относят недостаточную плотность прилегания подвижных контактов к неподвижным, ослабление присоединений регулировочных отводов к контактам переключающего устройства, нарушение прочности соединений отводов с обмоткой и др. Наличие этих неисправностей вызывает повышенные местные нагревы, приводящие нередко к аварийному выходу из строя трансформатора.

Ремонт переключающего устройства ПБВ начинают с очистки и тщательного осмотра всех деталей, обращая особое внимание на состояние рабочих поверхностей подвижных и неподвижных контактов. Поверхности контактов переключателя, длительно работавших в масле, покрываются тонкой пленкой желтоватого цвета, увеличивающей переходное сопротивление в контакте. Появление такой пленки бывает причиной повышенного нагрева и повреждения контактов, поэтому при ремонте переключателей эти контакты тщательно очищают, протирая технической салфеткой или чистыми тряпками без ворса, смоченными в ацетоне или очищенном бензине. Обгоревшие и оплавленные контакты заменяют новыми заводского изготовления, а при их отсутствии изготавливают по образцу поврежденных с учетом износа последних. Новые контакты необходимо выполнять из таких же по качеству материалов, из которых состоят поврежденные контакты заводского изготовления.

Неподвижные ножевые контакты, ламели, контактные пластины с целью повышения их износостойкости изготавливают преимущественно из холодноотянутых неотожженных прутков меди с последующим гальванопокрытием.

Ремонтируя переключающее устройство ПБВ, подтягивают все крепежные детали, заменяют поврежденные пружины, изоляционные детали и прокладки, проверяют отсутствие заеданий в контактах и правильное совмещение рабочих поверхностей подвижных контактов с неподвижными, устраняют другие дефекты, обнаруженные во время осмотра и в процессе ремонта, восстанавливают надписи и обозначения, имевшиеся на переключателе.

Полностью отремонтированный переключатель ПБВ проверяют десятью циклами переключений по всем ступеням, после чего не должно быть признаков нарушения работы и регулировки контактов, а также появления дефектов, препятствующих нормальной работе переключателя.

Ремонт переключающего устройства РПН (см. рис. 47) значительно сложнее ремонта переключателей ПБВ. При ремонте РПН производят весь комплекс работ по очистке, промывке и протирке внутренних и наружных деталей и дополнительный ряд работ, определяемых конструкцией отдельных частей переключателя и наличием большого количества контактов.

В процессе ремонта проверяют состояние контактных поверхностей контактов избирателя ступеней, контакторов и электрической части приводного механизма (контактов контроллера, реле, конечных выключателей). Контакты всех элементов переключающего устройства, покрытые копотью и легко оплавленные, очищают и опиливают, устраняя подгары и наплывы металла, а значит, и причины, вызвавшие повреждение контактов. Контакты с металлокерамическим покрытием промывают, а сильно поврежденные — заменяют новыми.

Частой причиной подгорания контактов избирателя и главных контактов контактора являются нарушение регулировки и ослабление креплений в местах сочленения механической передачи в цепи (приводной механизм — контактор — избиратель), в результате чего в системе привода образуются люфты сверх допустимой величины. Люфты устраняют подтяжкой креплений и заменой деталей, имеющих разработанные отверстия и большой износ, а также регулированием работы контактора и избирателя.

При регулировании и затяжке креплений стараются угол поворота свободного хода делить пополам; ролик кривошипа кулачка привода контактора должен занимать среднее положение в диапазоне свободного хода. Нониусные диски на вертикальном и горизонтальном валах устанавливают в такое положение, при котором угол свободного хода делится поровну. Диски должны при сборке плотно прилегать друг к другу и не вызывать перекосов валов. Поэтому при ремонте особое внимание обращают на качество сопряжений шпонок, нониусных муфт, зубчатых передач, кулачкового механизма, рычагов, штифтов, валов, мальтийских шестерен, состояние трущихся деталей и наличие смазки в масленках. Подтягивают ослабевшие винты и гайки, регулируют устройство торможения, проверяют состояние сальников и при необходимости заменяют их в местах прохода валов привода от приводного механизма к контактору и от контактора к валу избирателя, проверяют правильность сочленения всех приводных устройств и контактной системы.

Ремонт отдельных частей переключающего устройства РПН нередко связан с необходимостью их разборки и сборки. Из-за сложности устройства частей РПН в ряде случаев при сборке допускаются ошибки, приводящие к нарушению правильной работы переключающего устройства после его

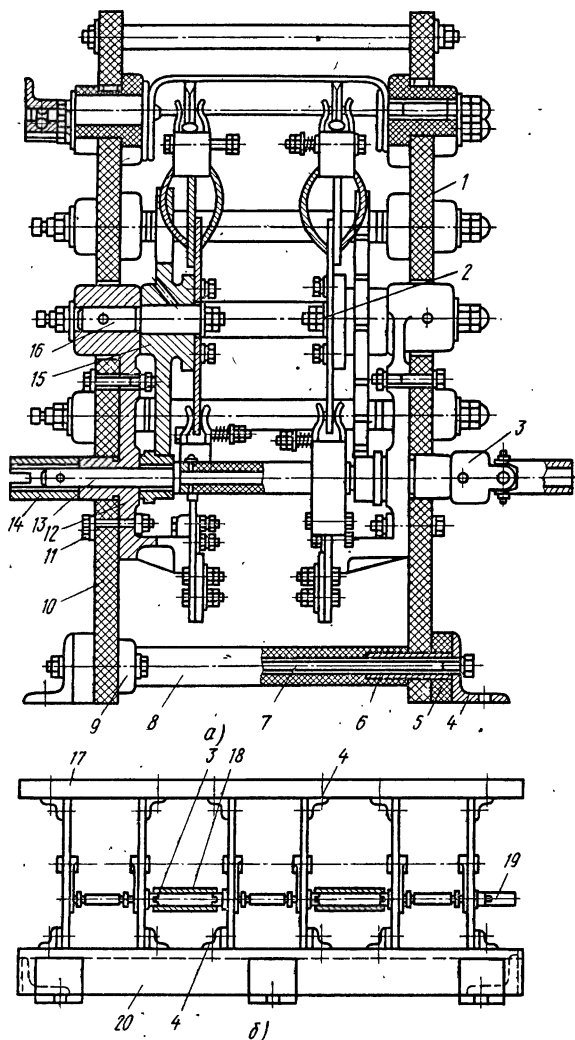


Рис. 77. Избиратель РНТ-13:

а — одна фаза избирателя, *б* — три фазы избирателя; 1 — кронштейн (гетинакс), 2 и 11 — гайки, 3 — шарнир, 4 — угольник, 5 — шайба, 6 — втулка, 7 — шпилька, 8 и 18 — бумажно-бакелитовые трубки, 9 — упор, 10 — гетинаксовая плита, 12 и 15 — шестерни, 13 и 16 — валы, 14 и 19 — муфты, 17 — деревянная планка, 20 — рама

сборки. Особенно часто такие ошибки возможны при сборке наиболее сложной части переключающего устройства РПН — избирателя РНТ-13, поэтому необходимо более подробно описать операции сборки одной фазы этого избирателя.

Сборку одной фазы избирателя РНТ-13 (рис. 77, а) производят в два этапа. Вначале собирают комплектующие детали (рис. 78):

подвижных контактов ламельного типа с обоймой и пружинами, позволяющими производить регулирование контактного давления, и диском для дальнейшего соединения с мальтийской шестерней (рис. 78, а);

неподвижных контактов 17 с экранами 16, закрепленными на скобе; к скобе также припаяны стержень 15 и шпилька 13 (рис. 78, б);

вала, изолированного бумажно-бакелитовой трубкой, с поводками (рис. 78, в);

шарнирных муфт 24 и 27 (рис. 78, г);

кронштейнов с осью; передних и задних плит с втулками и шпильками (см. рис. 77, а).

Сборку одной фазы избирателя выполняют в такой последовательности:

устанавливают в отверстия передней и задней плит 10 кронштейн 1 таким образом, чтобы бобышки располагались симметрично втулкам плиты, и закрепляют на плитах болтами;

размещают между плитами неподвижные контакты так, чтобы стержень был расположен в отверстии втулки задней плиты, а шпилька — в отверстии втулки передней плиты. Неподвижные контакты закрепляют с помощью гаек, навинчиваемых на концы стержней и шпилек;

отвертывают гайки крепления неподвижных контактов, снимают переднюю плиту, вставляют вал с поводками в отверстие кронштейна, закрепленного на задней плите; устанавливают и закрепляют подвижный контакт избирателя на оси кронштейна так, чтобы поводок, закрепленный на вале, вошел в зацепление с мальтийской шестерней подвижного контакта;

на подвижный контакт, закрепленный в задней плите, вначале укладывают второй подвижный контакт, затем устанавливают переднюю плиту на шпильки неподвижных контактов, чтобы шейка вала вошла в отверстие кронштейна, а выступы неподвижных контактов — в пазы втулок передней плиты; неподвижные контакты закрепляют затягиванием гаек, установленных на шпильках этих контактов, а подвижные — подтягиванием гаек на оси кронштейна передней плиты; контактное давление регулируют в соответствии с нормой; производят проверку зацепления контактов во всех девяти положениях и измеряют контактное давление; проверяют также свободу вращения вала, вращая его от руки;

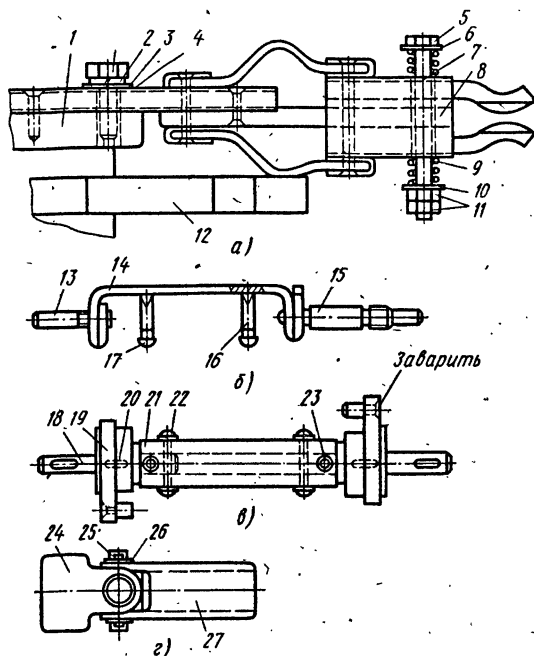


Рис. 78. Детали сборочных единиц избирателя РНТ-13:

а — контакт с обоймой, пружиной и диском, б — скоба с контактами, в — вал с поводком, г — шарнирные муфты; 1 — диск, 2 и 5 — болты, 3, 4, 6, 10 и 26 — шайбы, 7 и 9 — пружины, 8 — обойма, 11 — гайки, 12 — мальтийская шестерня, 13 — шпилька, 14 — скоба, 15 — стержень, 16 — экран, 17 — контакт, 18 — вал, 19 — поводок, 20 — шпонка, 21 — бумажно-бакелитовая трубка, 22 — заклепка, 23 — штифт, 24 и 27 — муфты, 25 — ось

заканчивают сборку одной фазы избирателя, скрепляя переднюю и заднюю плиты сверху и внизу стальными шпильками с надетыми на них бумажно-бакелитовыми трубками. Внизу, в основании избирателя, по краям гетинаксовых плит устанавливают металлические угольники.

Три фазы избирателя (рис. 77, б) монтируют на одной общей раме 20, составляя таким образом трехфазный избиратель.

При сборке и регулировке приводов руководствуются рисками, нанесенными на сочленяемые детали при выпуске трансформатора с завода. Ошибка в подключении отводов может стать причиной выхода из строя переключающего устройства, а следовательно, и трансформатора, например,

неправильное подключение отводов реактора к контактору, нарушающее последовательность работы контактной системы.

Во избежание ошибок в схеме подключения отводов после сборки, регулировки и визуальной проверки схемы соединений снимают круговую диаграмму, которая показывает последовательность действия контактной системы переключателя, а также углы опережения и запаздывания при работе контактов контактора и избирателя.

Сняв круговую диаграмму последовательности действия контактов избирателя и контактора при прямом и обратном ходе, судят по величине люфта о качестве собранного избирателя (если люфт будет меньше 16° , сборка считается удовлетворительной). Затем производят десять циклов (цикл — ход механизма от первого до последнего положения и обратно) «прогонки» и при отсутствии дефектов считают, что переключающее устройство отремонтировано удовлетворительно и может быть установлено на ремонтируемом трансформаторе.

§ 29. РЕМОНТ ВВОДОВ

В эксплуатации находится большое количество трансформаторов с армированными вводами. Вводы трансформаторов работают в тяжелых условиях. В то время как часть ввода, находящаяся внутри бака трансформатора, нередко нагревается до 70°C , на другую его часть, возвышающуюся над крышкой, могут действовать отрицательная температура (-35°C и ниже), а также различные агрессивные вещества из окружающего воздуха. На изоляторы вводов воздействуют атмосферные перенапряжения, которые в десятки и сотни раз превышают номинальные напряжения трансформатора и даже испытательные напряжения изолятора. Наиболее часто в армированных вводах повреждаются армировочные швы в месте соединений фарфоровых изоляторов с металлическими фланцами. Это объясняется тем, что при воздействии на изолятор переменных температур в швах возникают значительные механические усилия вследствие различия коэффициентов расширения фарфора и металла. Нередко разрушение швов происходит из-за электродинамических сил, действующих на ввод при частом прохождении через его стержень токов к. з.

При ремонте трансформатора вводы тщательно осматривают, обращая особое внимание на сохранность изолятора и целостность армировки. Если на поверхности изолятора имеется не более двух (на одной вертикальной линии) сколов площадью до 1 см^2 и глубиной до 1 мм , дефектные места промывают и покрывают двумя слоями бакелитового лака, просушивая каждый слой в сушильном шкафу при $50-60^\circ\text{C}$. Изоляторы с большим количеством дефектов заменяют новыми.

Вводы, в которых армировочные швы разрушены не более чем на 30 % по окружности, ремонтируют, расчищая поврежденные участки армировочного шва и заливая их новым цементирующим составом. При больших размерах разрушения армировочного шва и ослаблении крепления фланца ввод переармировывают. Для этого фасонным зубилом разрушают старую замазку, а затем удаляют ее. Если замазка не поддается зубилу, ее предварительно обрабатывают, смачивая 5 %-ным раствором плавиковой кислоты (магнезитовую), 15 %-ным (глетоглицериновую и ангидридноцементную) или 30 %-ным раствором соляной кислоты (портландцементную). Работу с растворами кислот выполняют в защитных очках и перчатках из кислотоупорной резины с соблюдением мер предосторожности, исключающих возможность попадания кислоты на незащищенные части тела.

Старую армировочную замазку ввода удаляют и путем разрушения после предварительного нагрева, для чего ввод помещают в термошкаф и в течение 1,5–2 ч выдерживают при 450–500 °С, а затем легкими ударами по фланцу удаляют из него замазку.

Сборку ввода (рис. 79, а) и его переармировку (рис. 79, б) производят следующим образом. Тщательно очистив изолятор от пыли и грязи, а его фланец — от остатков старой замазки, устанавливают в вертикальном положении токопроводящий стержень 2 (рис. 79, а) с припаянным к нему колпачком 1. На дно колпачка укладывают прокладку, вырезанную из листовой маслостойкой резины толщиной 4–6 мм и соответствующую по своему размеру внутреннему диаметру колпачка. Прокладка в колпачке служит для снижения механических усилий, возникающих в месте сопряжения металла с фарфором вследствие температурных воздействий на ввод. Далее надевают на стержень фарфоровый изолятор 3, предварительно установив на его выступающем пояске резиновую прокладку 4, служащую для предотвращения вытекания замазки при заливке шва и предохранения фарфора от разрушения при механических воздействиях, возникающих в процессе эксплуатации трансформатора. Затем надевают на фарфоровый изолятор с прокладкой стальной фланец 5, гетинаксовую шайбу 6 и стальную шайбу 7, после чего, проверив правильность центровки стержня (должен быть в центре отверстия изолятора), надевают и наворачивают гайку 8.

Вводы устанавливают в приспособлении (рис. 79, б), которое состоит из стальной нажимной плиты 9 толщиной 5 мм, двух вертикальных стальных шпилек 10 диаметром 10–12 мм с гайками, деревянной опорной плиты 11 из доски толщиной 40–50 мм.

Армируемый ввод размещают на опорной плите приспособления в строго вертикальном положении и, наложив сверху

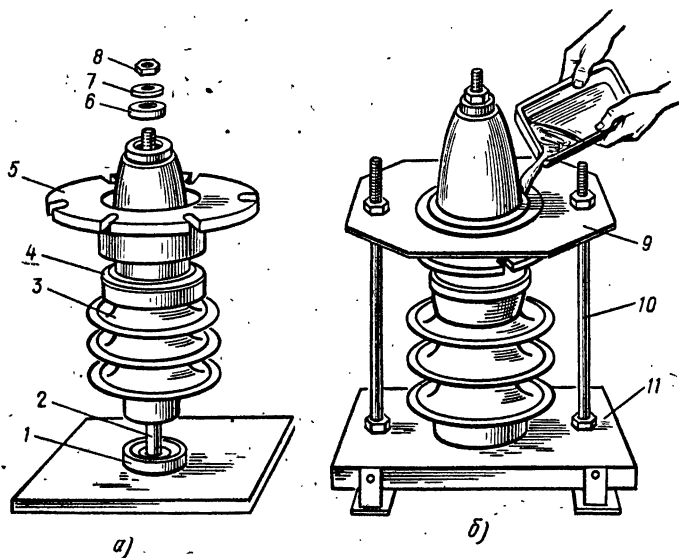


Рис. 79. Ремонт ввода трансформатора:

а — сборка, *б* — переармирование; 1 — колпачок, 2 — токопроводящий медный стержень, 3 — фарфоровый изолятор, 4 — резиновая маслостойкая прокладка, 5 — фланец, 6 и 7 — гетинаксовая и стальная шайбы, 8 — гайка, 9 и 11 — нажимная и опорная плиты, 10 — шпилька

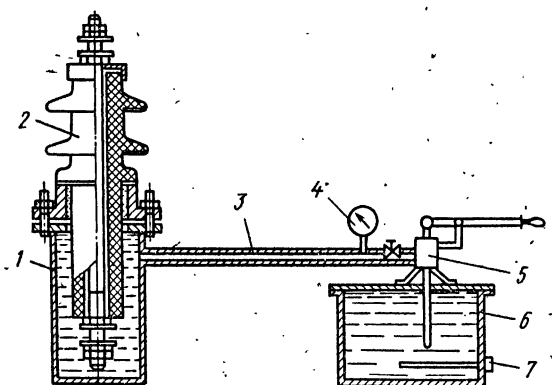


Рис. 80. Приспособление для проверки герметичности ввода трансформатора:

1 — стальной цилиндр, 2 — ввод, 3 — патрубок, 4 — манометр, 5 — ручной гидравлический насос, 6 — масляный резервуар, 7 — электронагреватель

нажимную плиту, зажимают ее гайками. Далее готовят порцию (для заливки одного ввода) цементирующего состава (140 мас. ч. магнезита, 70 фарфорового порошка и 170 раствора хлористого магния) и вливают его тонкой непрерывной струей, пока он полностью не заполнит пространство между изолятором и фланцем. Приготовленный состав должен быть использован в течение 15—20 мин. После затвердевания замазки (примерно через 12—15 ч) ввод освобождают от приспособления, очищают от брызг магнезита и окрашивают армировочный шов нитроэмалью 624С или 1201. Вводы армируют в помещении при температуре не ниже 10°C.

Вводы трансформаторов должны быть герметичны, поэтому переармированный ввод испытывают, проверяя его герметичность с помощью приспособления (рис. 80), которое состоит из стального цилиндра 1, соединенного патрубком 3 с ручным гидравлическим насосом 5, установленным на крышке масляного резервуара 6 с электронагревателем 7.

Герметичность ввода 2 проверяют путем создания при помощи насоса избыточного давления 400 кПа трансформаторного масла, подогретого электронагревателем 7 до 70°C. Давление контролируют по показанию манометра 4; продолжительность испытания составляет 30 мин.

Ввод считается выдержавшим испытание и пригодным к работе, если во время испытания на его поверхности или в местах сопряжений фланцев с фарфором не появлялось масло.

§ 30. РЕМОНТ ОТВОДОВ

У поступающих в ремонт трансформаторов с неисправными обмотками нередко оказывается поврежденной частично или полностью бумажно-бакелитовая изоляция отводов. Повреждение выражается в обугливании отдельных участков или всей изоляции отвода. Поврежденную изоляцию отвода восстанавливают в процессе ремонта, при котором отсоединяют отвод от переключателя и обмотки, снимают с него поврежденную изоляцию и заменяют имеющейся в запасе изоляционной деталью или вновь изготовленной по образцу поврежденной, очищают отвод от остатков поврежденной изоляции, надевают на него новую бумажно-бакелитовую изоляционную трубку, присоединяют отвод к обмотке и вводу или контактам переключательного устройства. Эти работы выполняет обычно обмотчик-изолировщик. Однако при тяжелых авариях трансформатора может быть повреждена не только изоляция, но и токопроводящий проводник отвода (оплавляется проводник отвода, нарушается пайка в месте соединения отвода с демпфером). В таких случаях повреждение устраняет электрослесарь, изготавливая новый отвод или восстанавливая соединение отвода с демпфером.

Новый отвод выполняют из проводниковых и электроизоляционных материалов, равноценных по своим качествам и размерам материалам, из которых был изготовлен поврежденный отвод.

При необходимости нового отвода подготавливают круглый или прямоугольный отрезок медного или алюминиевого проводника соответствующих размеров по длине и сечению. Если у поврежденного проводника сохранились первоначальные размеры, его используют в качестве шаблона для изготовления нового отвода, в противном случае производят необходимые замеры и изготавливают шаблон, повторяющий в точности размеры по длине и углы изгиба поврежденного отвода.

Точное повторение конструкции и формы изгибания отвода имеет большое значение, поскольку несоблюдение этого требования вызовет недопустимое изменение изоляционных расстояний между соседними отводами, а также между последними и заземленными частями магнитопровода или трансформатора, что может привести к аварии. В ремонтной практике известны случаи, когда при нарушении указаний строгого соблюдения изоляционных расстояний при изготовлении и установке новых отводов трансформатор выходил из строя в процессе послеремонтных испытаний.

При нарушении соединения отвода с демпфером очищают напильником конец отвода и демпфер от остатков припоя, обслуживают припоем ПОС 40 конец отвода и ту часть демпфера, к которой должен быть присоединен отвод, а затем накладывают конец отвода на участок присоединения с демпфером и соединяют их пайкой. Соединение демпфера с шиной отвода может быть осуществлено сваркой.

§ 31. РЕМОНТ БАКА, КРЫШКИ, РАСШИРИТЕЛЯ, ТЕРМОСИФОННОГО ФИЛЬТРА И АРМАТУРЫ

Баки и крышки трансформаторов повреждаются редко. При ремонте трансформаторов проверяют состояние сварных швов бака, отсутствие течи масла из арматуры, целостность резьбы крепежных деталей, наличие и состояние уплотняющих прокладок, прочность крепления фланца предохранительной трубы на крышке, сохранность мембраны предохранительной трубы.

Все замеченные неисправности устраняют. Поврежденные участки сварного шва вырубают зубилом и, очистив от грязи и масла, сваривают вновь; течь масла в местах соединения циркуляционных труб с баком устраняют чеканкой, а из пробкового крана — притиркой пробки при помощи абразивных порошков; крепежные детали (болты, гайки, винты) с сорванной резьбой заменяют; поврежденные уплотняющие резиновые прокладки заменяют прокладками из маслостойкой резины соответствующей толщины; проверяют

прочность и герметичность крепления стеклянной диафрагмы, установленной на предохранительной трубе.

Поврежденную диафрагму и потерявшую упругость прокладку заменяют новой. Внутреннюю полость предохранительной трубы очищают от грязи, протирают тряпками и промывают чистым трансформаторным маслом. Поврежденную или потерявшую эластичность резиновую прокладку между фланцем предохранительной трубы и крышкой бака заменяют прокладкой, изготовленной из листа маслостойкой резины толщиной не менее 8 мм.

Расширитель, термосифонный фильтр, воздухоосушитель и маслозапорную арматуру разбирают, очищают от шлама и грязи, промывают в трансформаторном масле, а затем собирают, придерживаясь последовательности, обратной разборке. Покрытые ржавчиной поверхности очищают стальными щетками и окрашивают. Фильтры и воздухоосушители перезаряжают, заменяя в них силикагель свежим или восстановленным. Газовое реле, термометрический сигнализатор, пробивной предохранитель и другие контрольные и защитные приборы ремонтируют в соответствующих лабораториях (электротехнической, контрольно-измерительных приборов и др.).

Все отремонтированные и вновь изготовленные сборочные единицы и детали после соответствующих проверок и испытаний поступают в отделение сборки, располагающее необходимым подъемно-транспортным и технологическим оборудованием, инвентарными приспособлениями и инструментом.

§ 32. СБОРКА ТРАНСФОРМАТОРОВ

Технологический процесс сборки трансформаторов состоит из различных по своему характеру, объему, сложности и трудоемкости операций, значительную часть которых выполняет электрослесарь.

Электрослесарь должен знать, что в электроремонтных цехах предприятий и на небольших электроремонтных заводах технология и последовательность выполнения операций сборки ряда сборочных единиц трансформатора несколько отличаются от принятых на трансформаторных заводах при серийном изготовлении новых трансформаторов. Например, на трансформаторных заводах полностью собирают остов магнитопровода, а затем передают в обмоточный цех, где расширяют верхнее ярмо магнитопровода, насаживают обмотки на его стержни и вновь окончательно зашихтовывают. Такой порядок позволяет рабочему-сборщику остова магнитопровода выполнять все сборочные работы в наиболее удобном для него положении магнитопровода, при этом возможно транспортировать и хранить магнитопровод без использования каких-либо приспособлений, предохраняющих его от деформации или рассыпания.

В практике электроремонтных цехов применяют иной порядок сборки магнитопровода: собирают остов магнитопровода без шихтовки его верхнего ярма; верхнее ярмо шихтуют только после выполнения всех работ, связанных с насадкой обмоток на стержни магнитопровода, что позволяет избежать перешихтовок верхнего ярма.

Однако учитывая, что на электроремонтных заводах и в электроремонтных цехах многих крупных предприятий придерживаются технологии сборочных работ, принятой на трансформаторных заводах, описание ее и приводится ниже.

Сборочные работы выполняют на специально отведенной площадке. Сборку трансформатора начинают со сборки его базовой части — остова магнитопровода. Перед началом сборки доставляют к месту работы полный комплект изолированных пластин, изоляционных деталей, стяжных шпилек с гайками и шайбами, крепежных деталей, приспособлений и инструмента. Все необходимое для сборки магнитопровода располагают в таком порядке, чтобы при выполнении ее операций (установка изоляции, насадка обмоток и шихтовка верхнего ярма) не нужно было делать лишних движений, часто нагибаться, сходить с места.

Пластины магнитопровода раскладывают на стеллажах стопками по позициям и пакетам. Сборку магнитопровода принято начинать со стороны низшего напряжения, поэтому пластины и все детали магнитопровода должны быть расфасованы и уложены в соответствующем порядке.

Магнитопроводы в зависимости от габаритных размеров собирают на металлических столах, приспособлениях или кантователях, на которых производилась их разборка и кантовка в горизонтальное положение.

Сборку магнитопроводов силовых трансформаторов мощностью до 1000 кВ·А производят обычно на металлических столах. Стол (рис. 81) состоит из опорной конструкции 1 и системы раздвижных балок (двух поперечных 2 и двух продольных 3), что позволяет устанавливать их на расстоянии друг от друга, соответствующем размерам собираемого магнитопровода. Начинают сборку магнитопровода с установки на продольных балках 3 двух (верхней и нижней) ярмовых балок 4, на которые кладут прокладки 5 из электрокартона, изолирующие ярмовые балки от активной стали магнитопровода. Во избежание провисания пластин стержней устанавливают посередине (между ярмовыми балками) промежуточную опору 6, на которую кладут деревянные подкладки 7. Далее размещают по всему периметру стола необходимое число стальных оправок 8, чтобы они были соосны с отверстиями в пластинах 9. Оправки опираются на стальные опорные полосы 10. На каждую пластину должно приходиться не менее двух оправок с диаметром несколько меньшим диаметра отверстий в пластинах.

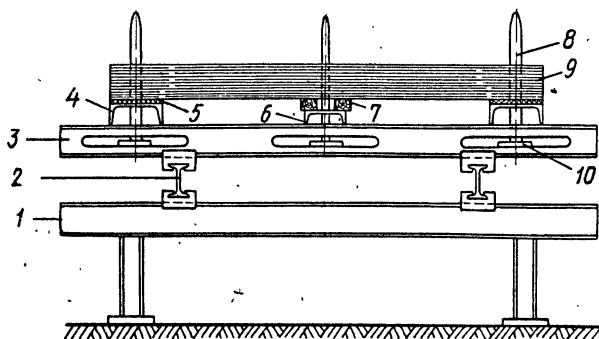


Рис. 81. Стол для сборки магнитопровода трансформатора:

1 — опорная конструкция стола, 2 и 3 — поперечная и продольная балки стола, 4 — ярмовая балка магнитопровода, 5 — изоляционная прокладка из электрокартона, 6 — промежуточная опора, 7 — деревянные подкладки, 8 — оправка, 9 — пластины стали магнитопровода, 10 — опорная полоса

Магнитопроводы трансформаторов мощностью до 630 кВ · А собирает один рабочий электрослесарь, более мощных — двое и даже четверо рабочих. Сборку производят, укладывая пластины ровно, без перекосов; выступов и набегания одних пластин на другие. Неровности и зазоры в стыках, образующиеся во время сборки магнитопровода, устраняют с помощью специальных медных или гетинаксовых подбоек. Допустимая величина зазоров в стыках при шихтовке магнитопровода трансформатора III габарита 0,5—0,8 мм. Зазоры всех стыков в стержнях и ярмах магнитопровода должны быть равномерными и одинаковыми и не превышать зазоров, допущенных заводом-изготовителем при сборке трансформатора.

Правильность укладки пластин периодически проверяют, измеряя расстояние по диагонали между отверстиями магнитопровода. Пакеты должны быть уложены равномерно по всему периметру магнитопровода и без перекосов; толщину пакетов измеряют штангенциркулем, перекосы и вертикальность оправок — угольником.

За вертикальностью оправок и величиной зазоров в стыках пластин надо тщательно следить. При сборке магнитопровода оправки часто смещаются в стороны, особенно, когда пластины укладывают небрежно, рассчитывая выправить их в дальнейшем. Такая небрежность неизбежно приводит к образованию перекосов в собираемом магнитопроводе. При «набрасывании» пластин на оправки последние от ударов смещаются в стороны от вертикального положения и, в свою очередь, сдвигают нижние уже набранные и выровненные

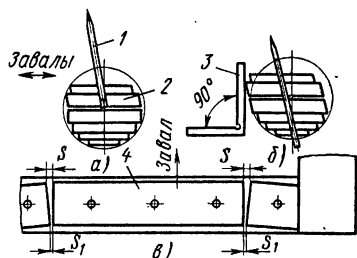


Рис. 82. Частичный (а) и полный (б) завалы пакетов стали в стержнях или ярмах при сборке магнитопровода и определение завала по зазорам между пластинами (в):

1 — оправка, 2 и 4 — пластины стержня и ярма, 3 — угольник

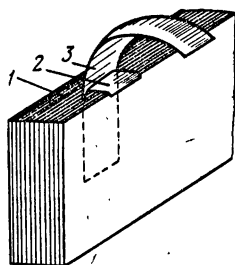


Рис. 83. Установка заземляющей ленты:

1 — пластины второго пакета ярма, 2 — электрокартонная полоска, 3 — медная луженая лента

пакеты пластин. Во избежание этого надо пластины стали осторожно надевать на оправку, не сбивая и не смещая их в стороны ударами пластин.

Собирая магнитопровод, электрослесарь должен помнить, что почти незаметный «завал» в начале сборки (рис. 82, а) может привести в ее конце к значительному и трудноисправимому перекосу стали магнитопровода (рис. 82, б). О наличии «завалов» свидетельствует неравномерность зазоров в стыках: $S > S_1$ — завал на стороне большего зазора (рис. 82, в). Небольшие завалы устраняют сдвигом перекошенного пакета, действуя оправками как рычагами.

Для образования нормальных отверстий в стержнях и ярмах при сборке пакетов стали периодически вращают оправки, центрируя отверстия, при этом оправки должны постоянно сохранять строго вертикальное положение.

После очередной проверки при укладке второго пакета пластин ярма закладывают между пластинами на стороне НН медные луженые заземляющие ленты 3 (рис. 83) вместе с электрокартонной полоской 2, служащей для того, чтобы медная лента не замыкала торцы пластин ярма.

Для заземления применяют медные ленты шириной не менее 30 мм и толщиной 0,3 мм. В мощных трансформаторах заземляющая лента состоит из нескольких медных лент, сложенных вместе. Магнитопроводы мощных трансформаторов в ряде случаев могут иметь два комплекта заземляющих лент для более надежного заземления магнитопровода в двух разных точках.

Завершают сборку активной стали укладкой крайних угловых пластин, перекрывающих стыки предпоследнего слоя. Далее укладывают по месту электрокартонную изоляцию активной стали от ярмовых балок, устанавливают ярмовые балки стороны ВН, а затем поочередно вынимают оправки и на их место вставляют стяжные шпильки.

Пластины собранного и не опрессованного шпильками магнитопровода неплотно прилегают друг к другу, поэтому магнитопровод предварительно прессуют, устанавливая груз или стягивая пластины временными удлиненными шпильками. После прессовки проверяют по всему периметру толщину магнитопровода, надевают на стяжные шпильки бумажно-бакелитовые трубки, электрокартонные и стальные шайбы, навинчивают гайки на стяжных шпильках и слегка стягивают магнитопровод. Затем устраняют имеющиеся неровности и, начиная со средних шпилек, равномерным завинчиванием гаек прессуют магнитопровод до требуемого размера. По окончании прессовки к нижним ярмовым балкам магнитопровода крепят опорные планки. Полностью собранный магнитопровод строят, поднимают, ставят вертикально на шпалы и устанавливают вертикальные прессующие шпильки так же, как они были до разборки магнитопровода.

После выполнения всех операций сборки магнитопровод осматривают, окончательно подтягивают стяжные шпильки, измеряют мегаомметром сопротивление изоляции ярмовых балок и шпилек по отношению к активной стали. При отсутствии дефектов магнитопровод передают на испытание. У выдержавшего испытания магнитопровода расшихтовывают верхнее ярмо и готовят его к насадке обмоток.

При ремонте трансформаторов небольшой мощности в электроремонтных цехах во избежание повторной разборки и сборки магнитопровод собирают полностью, но без шихтовки верхнего ярма. На стержни такого магнитопровода насаживают обмотки НН и ВН, ставят требуемую изоляцию и только затем шихтуют верхнее ярмо и собирают магнитопровод до полной готовности.

Приведенные выше описания технологии сборки относились к шпильчным магнитопроводам, что объясняется поступлением в ремонт большинства трансформаторов с магнитопроводами, имеющими шпильчатое крепление. Однако поскольку трансформаторные заводы недавно перешли на магнитопроводы бесшпильчатой конструкции, число ремонтируемых трансформаторов с такими магнитопроводами растет ежегодно.

Поэтому целесообразно привести краткие сведения о некоторых отличительных особенностях разборки и сборки этих магнитопроводов.

Бесшпильчатый магнитопровод так же, как стянутый стяжными шпильками, укладывают, разбирают и собирают с помощью кантователя, но с некоторыми отличиями: рас-

прессовку осуществляют демонтажом стяжных внешних коробок и полубандажей с яром, разрубкой и удалением бандажей со стержней. Сборку магнитопровода из-за отсутствия отверстий в пластинах производят без фиксирования пластин на оправках, что требует особой тщательности выполнения сборочных операций и более частого контроля качества сборки.

Различаются характер и последовательность операций сборки магнитопроводов бесшпильной и шпильной конструкций. После укладки всех пластин в уступы пакетов стержней бесшпильного магнитопровода закладывают деревянные (буковые) планки и рейки, сохраняя порядок их размещения таким, каким он был до разборки магнитопровода. Планки и рейки закрепляют на стержнях, привязывая их к стержням хлопчатобумажной лентой. Затем магнитопровод опрессовывают до требуемых размеров с помощью временных прессующих приспособлений — струбцин или ленточных бандажей; вначале прессуют стержни, потом ярма. С опрессованного магнитопровода снимают временные прессующие приспособления и устанавливают стальные ленточные бандажи, предварительно уложив под ними электрокартонные полосы, а затем затягивают с определенным усилием. Концы ленточных бандажей пропускают через армированные изоляционным покрытием пражки, подкладывая электрокартонные полосы, и затягивают цепным или ленточным хомутом. Ударом молотка конец ленты загибают на выходе из окна пражки и приваривают к бандажу электросваркой.

Ярма опрессовывают временными шпильками, вставленными в отверстия на концах ярмовых балок. После стяжки устанавливают полубандажи и затягивают их гайками. Окончательно собранный и опрессованный магнитопровод проверяют мегаомметром, измеряя: сопротивление изоляции полубандажей, ярмовых балок и стальных бандажей относительно активной стали; омическое сопротивление — по пакетно и магнитопровода в целом.

При ремонтах (где это возможно) стальные бандажи стержней следует заменять бандажами из стеклоленты ЛСБТ. Стяжка стержней стеклобандажами более совершенна и надежна.

При ремонте бесшпильных магнитопроводов необходимо соблюдать следующие требования:

зазоры в местах стыка отдельных пакетов пластин в собранном магнитопроводе не должны превышать 2,5 мм, размер гребешков — 2 мм; пластин с указанным отклонением должно быть не более 0,5%;

в местах стыка пластин допускается утолщение их пакета до 1% от толщины стержня или ярма;

заземляющие ленты должны быть зачищены до металлического блеска, пластины активной стали в местах заложения заземлений не зачищают;

прессовка магнитопроводов грузом не допускается; перекус ленточных бандажей при их смещении допускается не более 5 мм;

сопротивление изоляции конструктивных элементов (ярмовых балок, стальных бандажей и других) должно быть не менее 2 МОм;

при испытании приложенным напряжением переменного тока частотой 50 Гц изоляция всех прессующих деталей магнитопровода трансформаторов мощностью до 6300 кВ·А должна выдержать в течение 1 мин испытательное напряжение относительно активной стали 2 кВ.

Отремонтированный и полностью собранный магнитопровод доставляют в обмоточное отделение для установки изоляции и насадки обмоток на его стержни. Эту часть ремонта трансформатора в электроремонтных цехах выполняют рабочие обмотчики-изолировщики трансформаторов. Прежде чем приступить к работе, доставляют к месту работы обмотки НН и ВН, а также весь комплект необходимых электроизоляционных деталей, материалов, инструмента и приспособлений. Качество и состояние доставленных к ремонту трансформатору обмоток и материалов тщательно проверяют путем осмотров и испытаний. При удовлетворительных результатах осмотров и испытаний приступают к установке изоляции и насадке обмоток. Для этого расчищают верхнее ярмо магнитопровода и на полках его нижних ярмовых балок по всему периметру устанавливают уравнительную изоляцию из буковых планок (рис. 84, а) так, чтобы плоскость планок лежала на одном уровне с плоскостью ярма. Далее устанавливают ярмовую изоляцию 2 и, взяв два листа электрокартона толщиной 0,8—1 мм, вырезают из них две заготовки, длиной, равной высоте обмотки, и, согнув их вдоль волокон, образуют два полуцилиндра, которые надевают на стержень и временно закрепляют на нем тафтяной лентой. При этом края одного полуцилиндра должны на 30 мм перекрывать края другого. Полученный таким образом мягкий цилиндр устанавливают так, чтобы участки перекрытий листов картона цилиндра расположились с боков стержней магнитопровода*.

После установки ярмовой изоляции и изолирующих цилиндров приступают к насадке обмоток на стержни, которую при мощности трансформаторов до 630 кВ·А производят вручную, а выше 630 кВ·А — с помощью подъемных и насадочных приспособлений.

Насадка обмоток НН и ВН на стержни магнитопровода трансформатора вручную показана на рис. 84, б, в. Сначала

* Мягкие цилиндры применяют в трансформаторах до 400 кВ·А и в более мощных трансформаторах, когда у обмоток отсутствуют жесткие цилиндры.

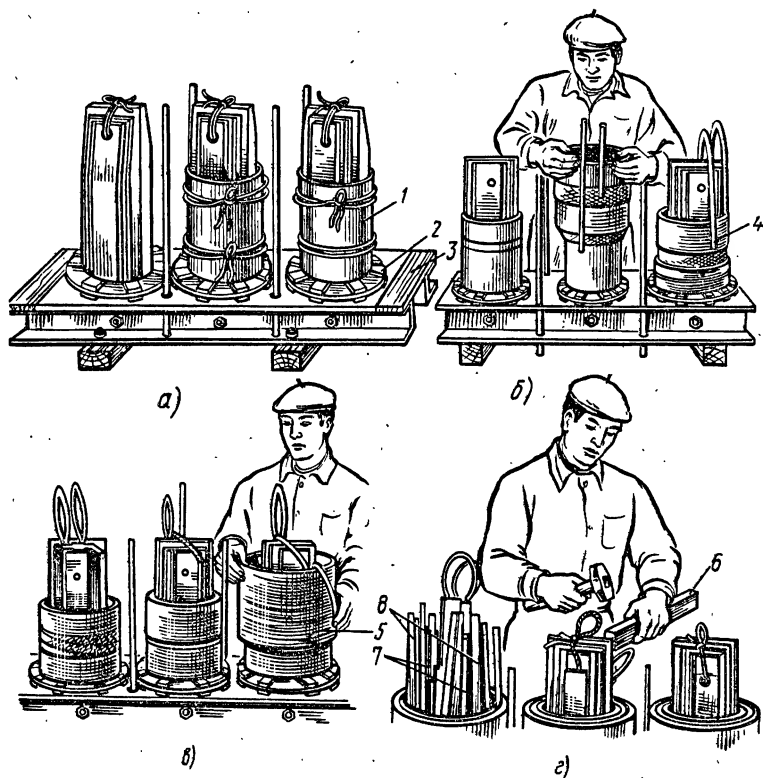


Рис. 84. Установка ярмовой изоляции и изоляции стержней магнитопровода (а), насадка обмотки НН трансформатора на стержень магнитопровода (б), обмотки ВН на обмотку НН (в) и расклиновка обмотки (г):

1 — мягкий цилиндр из электрокартона (изоляция стержня), 2 и 3 — ярмовая и уравнительная изоляции, 4 — стержень магнитопровода, 5 — обмотка ВН, 6 — надставка, 7 — круглые стержни, 8 — планки

насаживают на стержни обмотки НН (рис. 84, б), затем на них concentрически устанавливают обмотки ВН (рис. 84, в). Эти операции выполняют, начиная с крайней фазы. Запрещается осаживать обмотки ударами молотка во избежание их деформации и повреждения витковой изоляции.

При насадке обмоток должны быть правильно расположены их отводы по отношению к магнитопроводу и друг к другу: отводы обмоток НН должны находиться на стороне, противоположной отводам обмотки ВН.

После насадки обмотки расклинивают буковыми планками 8 (рис. 84, г) и круглыми стержнями 7. Для этого устанавли-

вают две электрокартонные обертки между обмотками ВН и НН, а между обертками вставляют на глубину 30—40 мм прямоугольные планки, предварительно натертые парафином, чтобы они не задирали обертки. Затем поочередно забивают каждую пару планок, находящихся друг против друга. Если планки входят туго, их строгают или заменяют более тонкими; под свободно входящие планки подкладывают тонкие полоски электрокартона.

После расклиновки обмоток ВН таким же образом расклинивают обмотки НН круглыми стержнями и фасонными планками, забиваемыми между цилиндром и ступенями стержня магнитопровода. Стержни и планки располагают по всей длине обмотки.

Осадку стержней 7 и планок 8 производят ударами молотка по наставке 6, изготовленной из дерева или фибры, избегая при этом сильных ударов, способных расколоть конец стержня или планки. Чтобы сохранить цилиндрическую форму обмоток, вначале забивают круглые стержни, а затем планки. Достигшие уровня стали магнитопровода стержни и планки осаживают также ударами молотка через наставку, стараясь не повредить пластины магнитопровода или изоляцию обмотки.

Если стержни магнитопроводов трансформаторов стянуты по всей высоте стяжными шпильками, концы которых выступают над плоскостью стержня, то при насадке обмоток предварительно накладывают на стержни фасонные планки с отверстиями, в которые утапливают концы шпилек с гайками, а затем устанавливают и расклинивают на стержнях обмотку НН.

Окончив расклиновку, устанавливают верхнюю ярмовую изоляцию и выгибают концы обмоток, подготавливая их к пайке схемы и присоединению отводов. После этого шихтуют верхнее ярмо, выполняя все операции так же, как указывалось при сборке магнитопровода.

По окончании шихтовки верхнего ярма, установки ярмовой изоляции и ярмовых балок вставляют в отверстия, имеющиеся в полках ярмовых балок, ранее снятые вертикальные шпильки и, равномерно наворачивая на них гайки торцевым ключом, прессуют обмотки (рис. 85, а). После этих операций еще раз проверяют расположение изоляционных деталей, измеряют мегаомметром сопротивление изоляции шпилек, раскернаивают гайки на шпильках в трех точках (рис. 85, б), чтобы они не отвинчивались при работе трансформатора.

В ремонтных условиях сопротивление изоляции стяжных шпилек и ярмовых балок магнитопровода проверяют мегаомметром на 1000—2500 В. Значение сопротивления изоляции не нормировано. Исходя из опыта ремонта и эксплуатации трансформаторов, считают, что сопротивление изоляции этих частей магнитопровода должно быть не ниже 10 Мом.

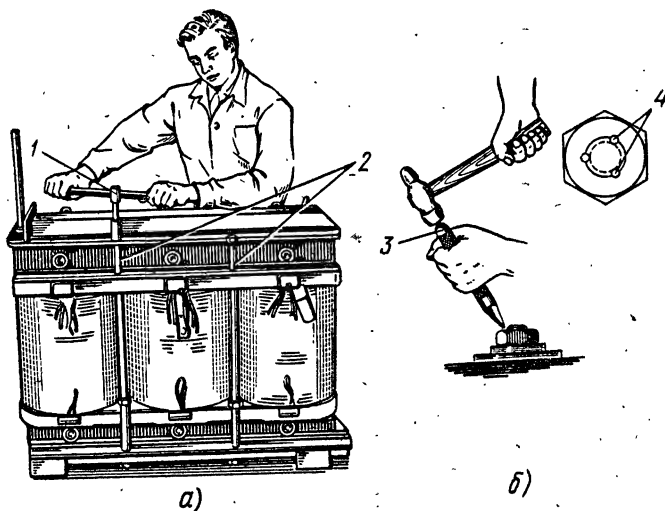


Рис. 85. Прессовка обмоток вертикальными шпильками (а) и раскернивание гайки на вертикальной шпильке (б):

1 — торцевой ключ, 2 — вертикальные шпильки, 3 — керн, 4 — керновые углубления

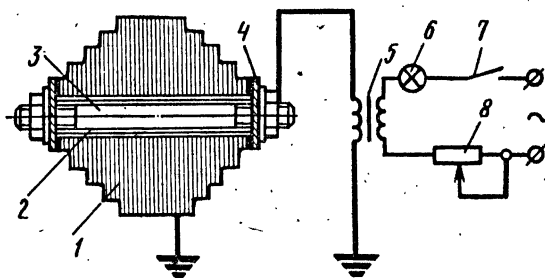


Рис. 86. Схема испытания изоляции стяжных шпилек магнитопровода:

1 — активная сталь магнитопровода, 2 — бумажно-бакелитовая изоляционная трубка, 3 — стяжная шпилька, 4 — стальная накладка или ярмовая балка, 5 — испытательный трансформатор, 6 — лампа накаливания, 7 — выключатель, 8 — реостат

На специализированных ремонтных заводах и в электроремонтных цехах крупных предприятий, располагающих испытательными установками, прочность изоляции стержневых шпилек испытывают в течение 1 мин переменным током напряжением 2000 В. В ремонтных условиях для этих целей можно использовать трансформатор напряжения НОМ на 6 или 10 кВ, включенный по схеме, показанной на рис. 86. При исправном состоянии проверяемой изоляции нить лампы 6 не накаливается* или имеет слабый накал. При пробое изоляции лампа будет светить ярко вследствие короткого замыкания в цепи вторичной обмотки трансформатора напряжения и прохождения по этой цепи и через нить лампы тока к. з. В приведенной схеме лампу накаливания можно заменить обычным амперметром. Заключительными операциями первого этапа сборки трансформатора являются сборка и соединение схемы обмоток.

Сборка и соединение схемы обмоток. Обмотки современных трансформаторов, применяемых в электроустановках промышленных предприятий, как правило, соединены по схеме «звезда» и только в редких случаях и у многих трансформаторов старых конструкций — по схеме «треугольник». Концы обмоток соединяют пайкой, выполняемой специальными паяльниками. В ремонтной практике для соединения концов обмоток трансформаторов небольших мощностей широко применяют пайку оловянисто-свинцовым припоем ПОС 40 (58 % свинца, 40 % олова и 2 % сурьмы) с помощью электродугового паяльника. Концы обмоток тщательно зачищают ножом и, наложив их друг на друга на участке длиной 15—30 мм (в зависимости от сечения проводов), соединяют скобочкой из луженой медной ленты толщиной 0,25—0,4 мм. При отсутствии медной ленты на участок пайки накладывают проволочный бандаж из медной луженой проволоки толщиной 0,5 мм.

Перед пайкой соединяемый участок очищают от жира, обрабатывают флюсом и лудят. В качестве флюсов при лужении и пайке медных проводов обмоток припоем ПОС 40 чаще всего применяют канифоль. Припой ПОС 40 плавится при температуре около 235 °С. Соединения, выполненные при помощи оловянисто-свинцового припоя, не обладают высокой температуростойкостью и механической прочностью, поэтому в мощных трансформаторах для соединения концов обмоток и особенно для присоединения их к отводам применяют медно-фосфористый припой (92,5 % меди и 7,5 % фосфора), который плавится при температуре около 715 °С. Пайку этим припоем производят паяльными щипцами. Во время пайки обмотки закрывают электрокартонными листами, чтобы пре-

* Мощность лампы подбирают с таким расчетом, чтобы в режиме холостого хода трансформатора напряжения нить лампы не накаливалась.

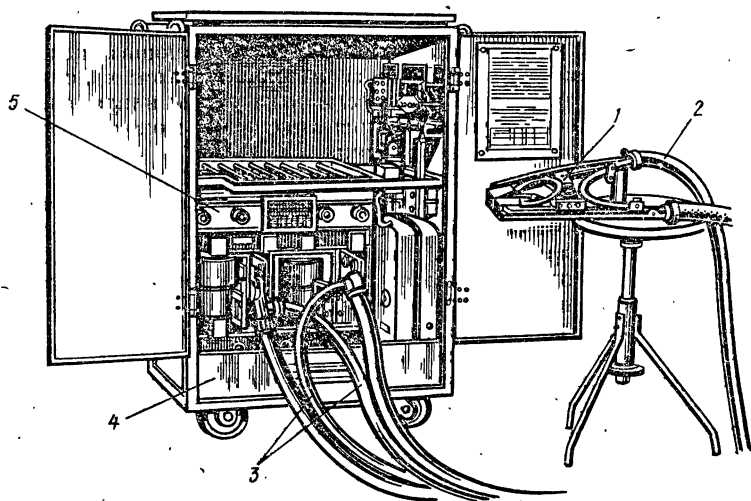


Рис. 87. Электропаяльный аппарат предприятия «Мосэнергоремонт»:
1 — электропаяльные клещи, 2 — токопровод клещей, 3 — шланги охлаждающей воды, 4 — ящик, 5 — трансформатор с аппаратами управления

дохранить их от повреждения каплями припоя или случайного прикосновения нагретым паяльником.

Для выполнения при ремонте трансформаторов электропаяльных работ предприятием «Мосэнергоремонт» в течение ряда лет успешно применяются электропаяльные аппараты двух исполнений по току — на 2000 и 4000 А. Электропаяльный аппарат (рис. 87) состоит из металлического ящика 4 на катках, внутри которого расположен трансформатор 5 с аппаратами управления.

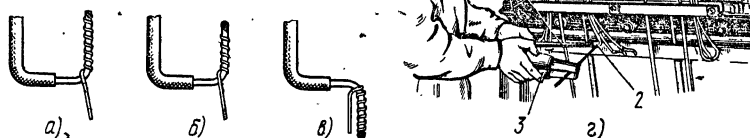
Пайку проводов производят электропаяльными клещами 1, присоединенными к трансформатору с аппаратами управления при помощи гибкого токопровода 2 с водяным охлаждением. Подвод охлаждающей воды к аппарату и ее отвод осуществляют по шлангам 3.

После пайки очищают участки соединений проводов от выступающих частиц припоя, изолируют крепированной бумагой и лакотканью шириной 20—25 мм, накладываемыми в два слоя в полуперекрышку, и покрывают лаком ГФ-95.

Концы обмоток трансформатора соединяют при помощи отводов с контактами переключателя и токопроводящими стержнями вводов. Отвод представляет собой кусок круглого провода или прямоугольной шины, на одном конце которого имеется демпфер. Демпферы (см. рис. 50) служат для предохранения отвода от обрыва при перемещении сердечника внутри бака во время транспортировки, а также для компенсации

Рис. 88. Операции сварки отводов обмотки ВН:

а — подготовка к сварке, *б* — выполненная сварка, *в* — подготовка для изолирования, *г* — приваривание отвода к выводу обмотки; 1 — захват с крючком, 2 — привариваемый отвод, 3 — клещи



отклонений от требуемых расстояний по вертикали между магнитопроводом и крышкой бака.

При ремонте обычно используют отводы трансформатора, снятые при разборке. Если отводы оказываются поврежденными настолько, что непригодны для дальнейшего использования, изготавливают по их образцу новые из круглого провода или прямоугольных шин. Отрезок провода (шины) размечают и после подогрева изгибают, подгоняя по месту. Для отводов обмоток НН применяют голые медные провода, а для отводов ВН — изолированные марки ПБ или гибкий кабель марки ЦБОТ.

Демпферы с отводами и отводы с выводами обмотки ВН соединяют пайкой или сваркой (рис. 88, *а, б, в*). Пайку производят внахлестку оловянисто-свинцовым или медно-фосфористым припоем при помощи электропаяльных клещей. Операция сварки отводов из круглого провода обмоток ВН показана на рис. 88, *г*.

Места присоединения отводов к концам обмоток изолируют крепированной бумагой или лакотканью, нарезанной на полосы шириной 25—30 мм. Изолированные участки оплетают одним слоем хлопчатобумажной ленты шириной 15—20 мм, наложенной в полуперекрышку, а затем покрывают двумя слоями лака ГФ-95. Хлопчатобумажная лента и лаковое покрытие защищают основную изоляцию на участке соединения. Чтобы отводы не окислялись, их (кроме контактных поверхностей) также покрывают лаком ГФ-95, предварительно обезжирив бензином. Когда отводы из круглого провода изолированы по всей длине бумажно-бакелитовыми трубками, изолируют лакотканью только стыки трубок. При этом следят, чтобы стыки трубок не оказались в месте крепления отводов планками и были смещены относительно стыков соседних отводов не менее чем на 50 мм. Отводы крепят деревянными планками к ярмовым балкам. Участки крепления отводов изолируют двумя слоями лакоткани.

Изоляционные детали активной части состоят в основном из волокнистых материалов (дерево, электрокартон, бумага),

интенсивно впитывающих влагу, содержащуюся в окружающем воздухе, что приводит к снижению их электроизоляционных свойств. Для обеспечения высокой электрической прочности изоляции активную часть трансформатора подвергают сушке, в процессе которой удаляется влага из его твердой изоляции.

Существуют различные способы сушки сердечников трансформаторов (например, методом индукционных потерь в стали бака, в специальном шкафу, инфракрасными лучами, воздушной, в вакууме, токами короткого замыкания и др.) со своими преимуществами и недостатками. Однако при ремонте трансформаторов в электроцехах небольших предприятий, не имеющих специального оборудования, самой доступной является сушка активной части методом нагрева от индукционных потерь в стали бака. Сущность этого метода заключается в том, что при прохождении переменного тока по временной намагничивающей обмотке, наложенной на бак, образуется сильное магнитное поле, а в стенках бака возникают вихревые токи, которые, замыкаясь через сталь бака, нагревают их. При этом нагреваются все металлические части внутри бака, что способствует испарению влаги из изоляции обмоток и магнитопровода.

Сушку трансформатора этим методом производят так. Утепляют бак трансформатора одним-двумя слоями листового асбеста или стеклоткани. На бак накладывают временную намагничивающую обмотку, выполненную проводом ПДА с асбестовой изоляцией. Способы наложения намагничивающей обмотки зависят от конструкции бака. Количество ее витков зависит от размеров трансформатора: $w = AU/L$, где A — коэффициент пропорциональности, зависящий от удельной мощности Δp , выражаемой в киловаттах на 1 м^2 поверхности бака, занятой обмоткой; U — напряжение источника питания, В; L — периметр бака, м.

Для нагрева стенок бака трансформатора удельную мощность принимают равной $1-2 \text{ кВт/м}^2$, а для нагрева днища электропечами — $2,5-3 \text{ кВт/м}^2$. Коэффициент пропорциональности выбирают в зависимости от принятой удельной мощности. Мощность, кВт, необходимую для нагрева трансформатора, определяют по формуле $P = \Delta p L h$, где h — высота бака, занятая обмоткой, м.

Устанавливают на активной части трансформатора несколько термомпар и, опустив ее в бак, закрывают крышкой, на которой взамен постоянных вводов смонтированы временные. Снаружи бака размещают термомпары, по показаниям которых контролируют температуру нагрева обмотки. В процессе сушки систематически проверяют сопротивление изоляции обмотки, по которому судят о ходе процесса. На отверстиях в крышке устанавливают временные заглушки. Резиновую прокладку между крышкой и баком заменяют теплостойкой прокладкой из клингерита или паронита. Для выхода воздуха

Таблица 2. Режим сушки изоляции трансформаторов

Наименование и последовательность операций	Температура, °C		Продолжительность операций, ч
	стенок бака	воздуха в баке	
Равномерное повышение температуры стенок бака (по 10—20 °C в 1 ч)	До 80	60	4—6
Включение подогрева поступающего воздуха и вентиляции	80	60	—
Равномерное повышение температуры в баке (по 10 °C в 1 ч)	115—120	105	4—6
Снижение температуры трансформатора	50—60	50—60	1—3
Повышение температуры воздуха в баке и прогрев активной части	115—120	105	1—3
Поддержание постоянной температуры активной части для определения окончания процесса сушки	115—120	105	6—8
Постепенное снижение температуры активной части	60—80	60—80	3—5
Заливка бака чистым сухим маслом	60—80	60—80	1—2
Охлаждение трансформатора	40—50	40—50	2—3
Выемка активной части и ревизия по истечении 8—12 ч после заливки маслом	40—50	—	—

Примечания: 1. Четвертую и пятую операции повторяют несколько раз в течение 10—30 ч. 2. Сушку изоляции заканчивают, когда сопротивление изоляции обмоток не меняется в течение 6—8 ч при постоянной температуре в баке 105 °C. 3. Температура активной части в момент ревизии должна быть на 10—20 °C выше температуры окружающего воздуха.

из бака при сушке временно снимают диафрагму с предохранительной трубы; если ее нет, одно из отверстий в крышке бака используют для установки вытяжной трубы.

Режим сушки изоляции трансформаторов методом индукционных потерь в стали бака приведен в табл. 2.

После окончания сушки производят так называемую «отделку» активной части, при которой подпрессовывают обмотку вертикальными шпильками и подтягивают гайки на прессующих шпильках верхнего и нижнего ярм магнитопровода. После отделки сердечника проверяют сопротивление изоляции обмотки, стяжных шпилек и ярмовых балок, а затем переходят к операциям второго этапа сборки трансформатора.

При сборке трансформаторов без расширителей, вводы которых расположены на стенках бака, сначала опускают активную часть в бак, устанавливают вводы, присоединяют отводы обмоток к ним и переключателю, а затем размещают крышку на баке.

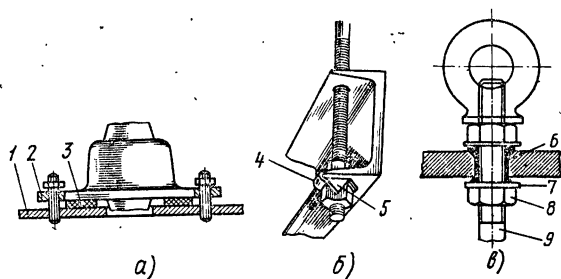


Рис. 89. Способы выполнения отдельных операций сборки:

а — установка резиновой прокладки под фланец ввода, *б* — установка шайбы для предотвращения самоотвинчивания гайки на нижнем конце подъемной шпильки, *в* — уплотнение верхнего конца подъемной шпильки в месте прохода через крышку трансформатора; 1 — крышка трансформатора, 2 — фланец ввода, 3 — прокладка из маслостойкой резины; 4 — загиб фасонной шайбы на ярмовую балку, 5 — загиб уголка шайбы на грань гайки, 6 — уплотнение из асбестового шнура, пропитанного лаком ГФ-95, 7 — стальная шайба, 8 — гайка, 9 — подъемная шпилька

Крышки трансформаторов мощностью до 560 кВ·А устанавливают на подъемных шпильках сердечника и комплектуют необходимыми деталями, а более мощных — комплектуют отдельно и в полностью собранном виде закрепляют на подъемных шпильках выемной части или баке. При этом особое внимание обращают на правильность установки уплотняющих прокладок, прочность затяжки гаек, правильность присоединения отводов к вводам и переключателям, выполнение уплотнений, исключающих течь масла.

Способы выполнения отдельных операций сборки показаны на рис. 89. При установке подъемных шпилек регулируют их длину, чтобы выемная часть магнитопровода и крышка правильно разместились на своих местах. Если шпильки окажутся короткими, магнитопровод не достанет до дна бака и повиснет на них, если длинными — крышка не дойдет до рамы бака и между ними образуется зазор. Необходимую длину подъемных шпилек определяют деревянной рейкой. Ею промеряют глубину бака, устанавливая расстояние от нижней точки опоры магнитопровода до места расположения нижней гайки с шайбой на верхнем конце шпильки. Длину шпилек регулируют перемещением на них гаек. Крепление шпилек к ярмовым балкам тщательно затягивают.

Выемную часть с закрепленной на ней крышкой стропят за подъемные кольца тросами, поднимают краном и медленно опускают в бак, соблюдая меры предосторожности, исключающие травмирование работающих и повреждение отдельных частей трансформатора.

Между крышкой и рамой бака ставят уплотняющую прокладку из маслостойкой листовой резины толщиной 6—12 мм. На концах прокладки в месте стыка делают косой срез (рис. 90, а). Прокладку устанавливают одним из способов (рис. 90, б, в, г), исключающих возможность выдавливания ее внутрь бака. При уплотнении бака трансформатора способами, изображенными на рис. 90, б, в, размеры уплотняющих прокладок берут в зависимости от размеров рамы бака. Чтобы прокладка не сместилась при установке крышки, ее приклеивают к раме бака, предварительно обезжирив поверхность прокладки и рамы бензином.

Монтируют крышку на раме бака, равномерно затягивая болты по всему ее периметру. На крышке устанавливают кронштейны, на которых болтами крепят расширитель с маслоуказателем, и располагают предохранительную трубу, предварительно проверив сохранность стеклянной диафрагмы и герметичность ее установки на конце трубы. Между нижним фланцем трубы и крышкой трансформатора помещают уплотняющую прокладку из маслостойкой резины. Далее устанавливают реле и пробивной предохранитель.

После окончания сборки трансформатора перед заполнением его маслом еще раз проверяют мегаомметром на 1000 В электрическую прочность изоляции обмоток. Трансформатор заполняют сухим трансформаторным маслом соответствующей электрической прочности до требуемого уровня, определяемого отметками на маслоуказателе расширителя. Заполнив трансформатор маслом, проверяют герметичность арматуры и установленных на крышке деталей, а также отсутствие течи масла из имеющихся соединений и сварных швов.

При отсутствии дефектов, препятствующих нормальной и безопасной работе, трансформатор подвергают электрическим испытаниям, объем и нормы которых установлены ГОСТом. Цель испытаний трансформатора — проверка его электрических характеристик и качества работ, выполненных в процессе ремонта. Трансформатор, подвергающийся капитальному ремонту, испытывают как в процессе ремонта, так и после него.

Изготовив новые обмотки в процессе ремонта, измеряют число витков и проверяют, нет ли в обмотке обрыва и витковых замыканий. Закончив первый этап сборки (сборка активной части), соединяют временно обмотки по требуемой схеме и определяют коэффициент трансформации на всех ответвлениях и группу соединения обмоток, а также испытывают изоляцию стяжных шпилек. После окончательной сборки перед сушкой сердечника повторно определяют коэффициент трансформации, проверяют группу соединения обмоток, измеряют сопротивления их изоляции. Для контроля качества паяк и контактов проверяют сопротивление обмоток постоянному току. При сушке методом индукционных потерь в стали бака

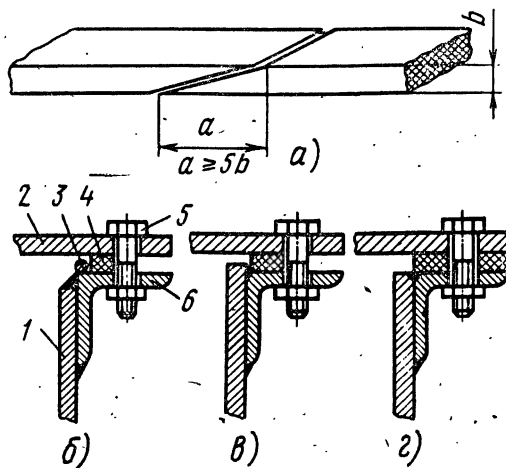


Рис. 90. Герметизация бака при помощи прокладки из маслостойкой резины:

a — выполнение стыка прокладки, b — z — способы установки уплотняющей прокладки; 1 — стенка бака, 2 — крышка трансформатора, 3 — ограничитель из стальной проволоки диаметром 4—5 мм, 4 — резиновая прокладка, 5 — болт, 6 — рама бака

измеряют сопротивление изоляции, температуру и время сушки, а при сушке под вакуумом кроме того — величину вакуума и количество выделенного конденсата.

Отремонтированный трансформатор подвергают испытаниям, в объем которых входит: измерение сопротивления изоляции обмоток; определение коэффициента трансформации; измерение сопротивления обмоток постоянному току; проверка группы соединения обмоток; измерение потерь и тока холостого хода (опыт холостого хода), потерь и напряжения короткого замыкания (опыт короткого замыкания); испытание герметичности бака и электрической прочности изоляции. Испытательные напряжения масляных трансформаторов вместе с вводами приведены в табл. 3.

Результаты всех испытаний заносят в протоколы, в которых указывают также приборы и методы, применявшиеся при испытаниях. Эти данные необходимы для сопоставления полученных результатов с результатами предыдущих испытаний, проведенных в различное время до настоящего ремонта трансформатора. Испытания выпускаемых из ремонта трансформаторов должны выполняться по всей программе и в объеме, предусмотренном действующими правилами и нормами.

Таблица 3. Испытательные напряжения масляных трансформаторов вместе с вводами

Испытание	Напряжения, кВ, главной изоляции обмоток масляных трансформаторов вместе с вводами при классе напряжения изоляции обмотки, кВ						
	до 0,63	3	6	10	15	20	35
Заводское	5	18	25	35	45	55	85
После капитального ремонта:							
со сменой обмоток	4,5	16	22	31	40	49	76
без смены обмоток	3,75	13,5	19	26	34	41	64

Примечания: 1. Испытывают изоляцию каждой обмотки, электрически не связанной с другой обмоткой. 2. Испытательные напряжения приведены в таблице при промышленной частоте переменного тока 50 Гц.

§ 33. ОЧИСТКА И СУШКА ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

Трансформаторное масло является жидким диэлектриком, полученным путем перегонки нефти. Диэлектрические свойства трансформаторного масла находятся в прямой зависимости от степени его увлажнения и загрязнения различными примесями: чем больше в масле влаги и механических примесей, тем ниже его электрическая прочность.

В ремонт поступают поврежденные трансформаторы, находившиеся в работе длительное время, поэтому масло в них бывает обычно настолько сильно увлажнено и загрязнено, что повторно использовать его можно только после очистки и сушки.

Очистку трансформаторного масла от содержащихся в нем механических примесей и влаги производят с помощью специальных аппаратов — центрифуги и фильтр-пресса, краткие сведения об устройстве и принципе действия которых приведены ниже.

Центрифуга (рис. 91, а) представляет собой передвижной аппарат, на платформе которого размещены корпус 1 с барабаном внутри, шестеренчатые насосы 2, электродвигатель 3; электронагреватель 4 и фильтр 5. Барабан состоит из большого количества конусообразных тарелок с отверстиями. Тарелки расположены на общем валу параллельно одна над другой с очень малым зазором между ними; они служат для разделения жидкости на множество тонких слоев и тем самым повышения интенсивности очистки масла.

Увлажненное и загрязненное масло подается в центрифугу насосом 2 через центральное входное отверстие. У аппарата имеются также три выходных отверстия с рукавами, из которых верхний служит для слива масла при чрезмер-

ном загрязнении барабана или внезапной остановке центрифуги, средний — для выхода очищенного масла и нижний — для слива воды, отделенной (отсепарированной) от масла. Для более интенсивного удаления воды масло подогревают электронагревателем до 50—60 °С.

Механические примеси крупных фракций задерживаются фильтром 5, установленным на входном патрубке маслопровода. Фильтр представляет собой тонкую металлическую сетку с мелкими отверстиями. Центрифуга может работать в одном из двух режимов, определяемых степенью увлажненности масла.

При очистке слабоувлажненного масла центрифуга работает в нормальном режиме, т. е. в режиме удаления влаги и механических примесей, а при необходимости очистки сильноувлажненного масла центрифугу перестраивают (путем перестановки тарелок) на другой режим работы — удаления воды из масла. Производительность центрифуги, работающей в нормальном режиме, около 1600 л/ч.

Фильтр-пресс (рис. 91, б) служит также для очистки масла, но отличается по принципу действия от центрифуги тем, что очищает масло не сепарированием, а путем продавливания через систему фильтровальных материалов. В качестве фильтровальных материалов применяют мелкопористую бумагу, картон и специальные ткани (бельтинг, фильтробельтинг и др.). Чаще всего используют фильтровальную бумагу. Основной частью аппарата является набор 7, состоящий из чередующихся чугунных рам, пластин и заложенных между ними фильтровальных материалов. Весь этот комплект зажат двумя массивными плитами при помощи штурвала 6 с нажимным винтом.

Рамы, пластины и фильтровальная бумага имеют в нижних углах по два отверстия, из которых одно служит для входа грязного (фильтруемого) масла, а другое — для выхода очищенного (отфильтрованного) масла.

Очистка масла происходит при продавливании грязного масла, подаваемого насосом 12, через фильтровальные материалы, в результате чего на их поверхности задерживаются содержащиеся в масле вода и различные механические примеси. Масло до поступления в фильтр-пресс проходит предварительную очистку, осуществляемую металлическим сетчатым фильтром грубой очистки 10, установленным на входном патрубке 11 насоса 12.

Масло нагнетается в фильтр-пресс под давлением $5 \cdot 10^2$ кПа, контролируемым манометром 8: повышение давления при очистке масла фильтр-прессом свидетельствует о сильном загрязнении и необходимости замены фильтровального материала. Степень очистки масла проверяют периодически, отбирая пробы масла из крана, находящегося на выходном патрубке.

Для повышения качества и электрической прочности трансформаторное масло сушат в цеолитовой установке, состоящей

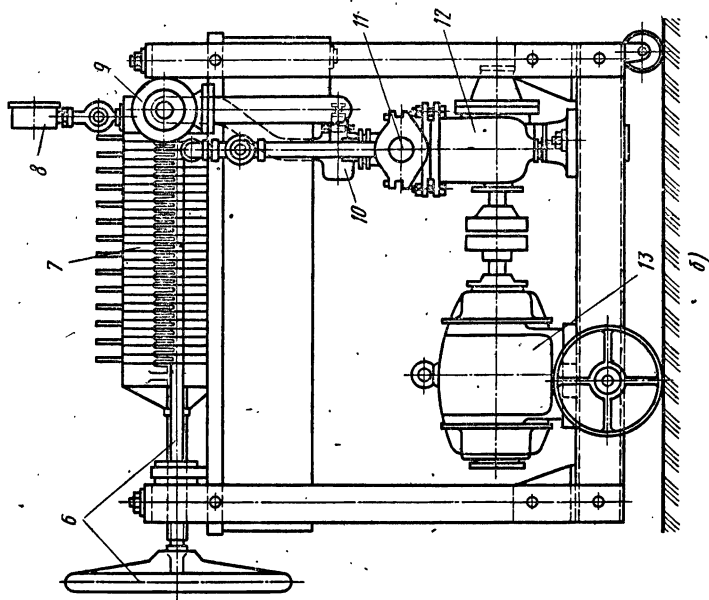
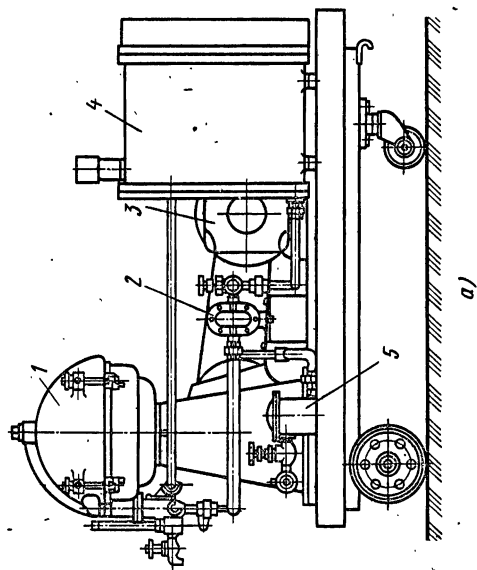


Рис. 91. Аппараты очистки трансформаторного масла от влаги и механических примесей:

а — центрифуга НСМ-3, *б* — фильтр-пресс; *1* — корпус, *2* и *12* — насосы, *3* и *13* — электродвигатели, *4* — электроподогреватель, *5* — фильтр, *6* — штурвал с нажимным винтом, *7* — набор из рам, пластин и фильтровального материала, *8* — манометр, *9* — патрубок с фланцем для выхода масла, *10* — фильтр грубой очистки, *11* — патрубок с фланцем для входа масла

из нескольких параллельно работающих адсорберов, заполненных гранулированным цеолитом. Сушка в цеолитовой установке осуществляется фильтрованием масла через слой молекулярных сит, находящихся в адсорберах. Адсорбер представляет собой полый металлический цилиндр, в нижней части которого имеется доньшко из металлической сетки, служащей опорой для молекулярных сит. Верхняя горловина адсорбера закрыта съемной металлической сеткой. Фильтруемое масло подогревают электронагревателем, состоящим из металлического бачка со штуцерами для присоединения к ним маслопроводов, электронагревательных элементов, термосигнализатора и манометра для контроля давления.

Установка снабжена двумя фильтрами, один из которых размещен на входе в адсорбер для очистки масла от механических примесей, а другой — на выходе сухого масла из адсорбера и служит для задержки частиц цеолита, если они окажутся в масле в случае повреждения сетки, расположенной в верхней горловине адсорбера.

Сушка в цеолитовой установке весьма эффективна, поскольку только за один цикл фильтрования позволяет повысить пробивное напряжение сильно загрязненного и увлажненного масла с 8—10 до 50 кВ и выше.

Цеолитовую установку для сушки трансформаторного масла применяют на крупных ремонтных предприятиях при необходимости переработки большого количества масла в сутки. Использование таких установок на мелких и средних ремонтных предприятиях экономически нецелесообразно.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего служит трансформатор и каково его устройство?
2. Перечислите наиболее характерные неисправности трансформаторов и укажите причины их возникновения.
3. Какова последовательность операций при разборке трансформатора?
4. Для чего служит магнитопровод, как он устроен и в чем заключается его ремонт?
5. Как производят разборку и сборку шихтованного магнитопровода?
6. Опишите способы выполнения операций ремонта вводов и переключателей трансформатора.
7. Назовите основные операции сборки трансформатора и укажите способы их выполнения.
8. Как и зачем производят сушку активной части трансформатора?
9. Каким образом осуществляют очистку трансформаторного масла?

ГЛАВА V УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

§ 34. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Электрические машины служат для преобразования механической энергии в электрическую (генераторы), электрической энергии в механическую (двигатели), а также для преобразования частоты переменного тока, одного рода тока в другой, например постоянного тока в переменный, постоянного тока одного напряжения в постоянный ток другого напряжения (преобразователи).

Электрические машины характеризуются различными показателями, в число которых входят номинальные мощность, напряжение, режим работы, ток, условия применения, частота вращения, а также коэффициент полезного действия и другие данные, относящиеся к электрическим машинам и определяющие допустимые режимы их работы.

Номинальная мощность электрических машин (выражаемая в ваттах, киловаттах и мегаваттах) для генераторов постоянного тока — полезная мощность на зажимах машины; для генераторов переменного тока — полная электрическая мощность при номинальном коэффициенте мощности; для электродвигателей — полезная механическая мощность на валу.

Номинальным является напряжение, соответствующее номинальному режиму работы электрической машины. Номинальное напряжение трехфазной электрической машины — ее междупазное (линейное) напряжение.

Номинальным называют такой режим работы на который электрическая машина рассчитана и для которого она предназначена предприятием-изготовителем. Номинальный режим указывается на заводском щитке машины.

Номинальный ток — это ток, соответствующий номинальному режиму работы электрической машины.

Номинальные условия применения электрической машины обычно оговорены в стандарте или технических условиях на данную машину.

Номинальной называют частоту вращения, соответствующую работе электрической машины при номинальном напряжении, мощности, частоте тока и номинальных условиях применения.

Коэффициентом полезного действия (кпд) является отношение полезной (отдаваемой) активной мощности электрической машины к затрачиваемой (подводимой) активной мощности.

Нагрузкой электрической машины называют мощность, которую она развивает в данный момент времени, а перегрузкой — превышение фактической нагрузки машины над ее номинальной нагрузкой. Перегрузку выражают в процентах или долях номинальной нагрузки.

Рабочая температура активной части электрической машины — установившаяся температура этой части, соответствующая номинальному режиму работы при неизменной номинальной температуре охлаждающей среды.

Превышением температуры отдельной части электрической машины называют разность между температурой этой части и охлаждающей среды.

Электрические машины бывают одностороннего и двустороннего направления вращения. Электрические машины одностороннего вращения могут иметь правое или левое направление вращения. Правым направлением вращения машины с односторонним приводом считается вращение по часовой стрелке, если смотреть на машину со стороны присоединения ее к первичному двигателю или рабочему механизму: левым соответственно будет направление вращения электрической машины против часовой стрелки.

Электрическая машина обладает свойством обратимости, т. е. способностью работать в режиме генератора электрического тока, если привести ее в движение каким-либо первичным двигателем, и, наоборот, в режиме электродвигателя, если подвести к ней электрическое напряжение. Электрическая машина, работающая в качестве двигателя, преобразует подводимую к ней электрическую энергию в механическую, используемую для приведения в действие различных механизмов и станков. Эта же машина может вырабатывать электрическую энергию, если будет приведена в действие двигателем внутреннего сгорания или паровой турбиной и возбуждена от постороннего источника электроэнергии, т. е. будет работать в режиме генератора. Однако каждая электрическая машина, выпускаемая машиностроительным заводом, обычно предназначается для одного определенного режима работы — в качестве генератора или электродвигателя.

По принципу действия различают синхронные и асинхронные электрические машины переменного тока и машины постоянного тока.

Синхронной называют электрическую машину переменного тока, частота вращения которой находится в строго постоянном соотношении с частотой вращения магнитного поля или частотой сети. Основными частями синхронной машины являются статор, несущий обмотку переменного тока, и ротор, на котором размещена обмотка возбуждения, питаемая через контактные кольца постоянным током от возбуждателя или через выпрямители.

Синхронные машины выпускают с явнополюсным и неявнополюсным ротором. Они используются в современном производстве в качестве двигателей при необходимости постоянной частоты вращения, а на электростанциях и в электроустановках — в качестве синхронных генераторов и компенсаторов.

Асинхронной называют электрическую машину переменного тока, у которой частота вращения ротора меньше частоты вращения магнитного поля статора и зависит от нагрузки. Асинхронные двигатели делятся на коллекторные и бесколлекторные. Преимущественное распространение получили бесколлекторные асинхронные электрические машины, применяемые там, где не требуется постоянная частота вращения. Асинхронные бесколлекторные электродвигатели бывают двух исполнений по ротору: с короткозамкнутым и фазным.

Асинхронные двигатели с фазным ротором снабжены контактными кольцами, установленными на одном валу с ротором. Преимущества электродвигателей с фазным ротором перед двигателями с короткозамкнутым состоят главным образом в том, что они позволяют регулировать в широких пределах пусковой момент, силу пускового тока и частоту вращения. Асинхронные двигатели с фазным ротором используют для привода механизмов, требующих регулирования частоты вращения, а также в нерегулируемом приводе с тяжелыми условиями пуска, например, подъемно-транспортных механизмов.

Электрические машины постоянного тока применяются в качестве первичных двигателей и генераторов постоянного тока.

Машина постоянного тока состоит из неподвижной станины с главными и добавочными полюсами, вращающегося якоря с обмоткой и коллектором, подшипниковых щитов и траверсы с щеткодержателями. Она обратима, т. е. может работать в режиме двигателя или генератора (например, двигатели электрифицированного транспорта).

По способу питания обмотки возбуждения генераторы постоянного тока бывают с независимым возбуждением, в которых питание подается в эту обмотку от постороннего источника тока (выпрямителя, аккумулятора, сети постоянного тока) и с самовозбуждением, в которых питание — от самого генератора. В зависимости от способа соединения обмоток возбуждения с обмоткой якоря различают электрические машины постоянного тока: параллельного возбуждения или шунтовые; последовательного возбуждения; смешанного возбуждения, имеющие на общих главных полюсах две (параллельную и последовательную) обмотки.

§ 35. ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ИСПОЛНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Электрические машины отличаются от других видов электрооборудования разнообразием конструктивных исполнений. Это объясняется тем, что в прошлом каждый завод выпускал электрические машины собственной конструкции по принятым у себя технологиям и чертежам, в результате чего при одной и той же мощности они имели различные исполнения, габариты

ные и установочные размеры. Конструкции их сборочных единиц и деталей также были различными, что создавало трудности при монтаже и эксплуатации электрических машин, но особенно при ремонте. Основные затруднения при ремонте возникали из-за отсутствия взаимозаменяемости сборочных единиц и деталей электрических машин. При выходе их из строя эксплуатирующие и ремонтные предприятия обращались с просьбой к заводам-изготовителям о поставке необходимых сборочных единиц и деталей, но чаще всего изготавливали их сами. Поэтому возникла необходимость унификации и нормализации сборочных единиц и деталей и создания на этой основе электрических машин единой серии.

В 1949—1951 годах такая серия была разработана и внедрена на ряде заводов электротехнической промышленности, получив наименование А — защищенное исполнение и АО — закрытое обдуваемое исполнение. Одновременно была принята твердая шкала исполнений машин по мощности, а также разработаны необходимые модификации и конструктивные исполнения электрических машин.

В период с 1951 по 1970 г. совершенствовалась технология изготовления электрических машин и были созданы асинхронные электродвигатели серий А2 и АО2, а затем А3 и АО3. С 1970 по 1975 г. происходила интенсивная разработка средств технологического оснащения и внедрение в производство единой серии асинхронных двигателей 4А, охватывающей диапазон мощностей от 0,12 до 400 кВт (высота осей вращения двигателей колеблется от 56 до 355 мм). Эта серия выпускается и в настоящее время.

Каждая вновь спроектированная серия электрических машин отличается от предыдущей большей надежностью, более высокими техническими характеристиками и совершенными технологическими процессами изготовления.

При разработке каждой серии электрических машин предусматривалась широкая унификация и нормализация их сборочных единиц и деталей. Это позволило в короткие сроки организовать их массовое или серийное производство с внедрением более совершенных процессов изготовления.

В настоящее время разрабатываются и в ближайшее время будут внедрены в производство асинхронные двигатели новой единой серии, отличающиеся от предыдущих машин высокими техническими и экономическими показателями.

Электрические машины различают по способу монтажа и конструкции, климатическому исполнению, степени защиты, способу охлаждения.

Исполнение по способу монтажа имеет следующее условное обозначение: общую буквенную часть, состоящую из двух букв (ИМ), затем одну цифру (от 1 до 9), указывающую группу конструктивного исполнения, после этого две цифры,

означающие способ монтажа, и, наконец, одну цифру (от 0 до 8), характеризующую конец вала.

Цифры (от 1 до 9), характеризующие группы конструктивных исполнений электрических машин, означают следующее: 1 — машина на лапах с подшипниковыми щитами; 2 — с подшипниковыми щитами, с фланцем на подшипниковом щите; 3 — без лап, с подшипниковыми щитами, с фланцем на одном щите; 4 — без лап, с подшипниковыми щитами, с фланцем на станине; 5 — без подшипников; 6 — с подшипниковыми щитами и стоячковыми подшипниками; 7 — со стоячковыми подшипниками (без щитов); 8 — с вертикальным валом (машина, не охватываемая группами IM1—IM4); 9 — специального исполнения.

Цифровое обозначение конца вала (его часть, выступающая за подшипник) расшифровывается таким образом: 0 — без конца вала; 1 — с одним цилиндрическим; 2 — с двумя цилиндрическими; 3 — с одним коническим; 4 — с двумя коническими; 5 — с одним фланцевым; 6 — с двумя фланцевыми; 7 — с фланцевым со стороны привода и цилиндрическим на противоположной стороне; 8 — все прочие исполнения валов. Например, условное обозначение IM2101 означает машину на лапах с подшипниковыми щитами, с фланцем на подшипниковом щите, с горизонтальным расположением вала, конец которого имеет цилиндрическую форму.

По климатическому исполнению электрические машины обозначают одной или двумя буквами (например, машину, предназначенную для эксплуатации на суше, реках и озерах в макроклиматических районах с умеренным климатом — буквой У, с холодным климатом — ХЛ, во всех климатических районах на суше — буквой О — общеклиматический и т. д.). За буквами ставят цифры, указывающие категорию размещения электрических двигателей: 1 — двигатели, рассчитанные на работу на открытом воздухе; 2 — в закрытом помещении, где температура и влажность воздуха несущественно отличаются от колебаний наружного воздуха; 3 — в закрытых помещениях, где колебания температуры и влажности, а также воздействие песка и пыли на двигатель меньше, чем на открытом воздухе; 4 — в помещениях с искусственно регулируемым климатическими условиями (например, в закрытых отопляемых помещениях); 5 — в помещениях с повышенной влажностью, где возможно длительное наличие воды и конденсация влаги на стенах и потолке (например, в неотапливаемых и невентилируемых подземных помещениях). Например, электродвигатели общего назначения, имеющие обозначение УЗ, могут эксплуатироваться в районах с умеренным климатом в закрытом помещении категории 3, с обозначением ХЛ1 — в районах с холодным климатом при установке на открытом воздухе и т. д.

Исполнение по степени защиты электрических машин предусмотрено ГОСТом, установившим буквенно-цифровое обозначе-

ние, состоящее из двух букв (IP) и двух цифр. Первая из цифр (от 0 до 6) характеризует степень защиты персонала от соприкосновения с токопроводящими или вращающимися частями, находящимися внутри машины, вторая (от 0 до 8) — степень защиты самой машины от проникновения в нее влаги. Например, обозначение IP22 соответствует защите от возможности соприкосновения с токопроводящими и вращающимися частями машины пальцев человека и твердых предметов диаметром более 12,5 мм (первая цифра 2 в данном обозначении), а также защите от попадания в машину влаги в виде капель, падающих под углом не более 15° к вертикали (вторая цифра 2 в обозначении). Электрическая машина открытого исполнения, в конструкции которой не предусмотрено каких-либо мер защиты, обозначается IP00.

Исполнение по способу охлаждения электрических машин определяет принятую систему вентиляции, расположение вентилятора и способ забора охлаждающего воздуха.

Охлаждение электрических машин может быть естественным или искусственным. При естественном охлаждении у машин отсутствуют специальные устройства, например вентилятор, и циркуляция охлаждающего воздуха осуществляется главным образом за счет вентилирующего действия вращающихся частей машины. Машины с искусственным охлаждением, имеющие специальные устройства, различают с самовентиляцией и независимой вентиляцией. Самовентилируемые машины имеют систему вентиляции, при которой ее активные части охлаждаются потоком воздуха, нагнетаемого вентилятором, установленным на собственном роторе машины; у машин с независимой вентиляцией охлаждающая среда (газообразная или жидкая) подается в машину специальным устройством (вентилятором или насосом), имеющим отдельный двигатель.

Электрическую машину наиболее распространенного исполнения IP22 обычно выполняют с самовентиляцией и продувом воздуха через машину, при этом вентилятор располагается на ее валу, а воздух, проходя внутри корпуса, охлаждает обмотки и сердечники.

В машинах других исполнений, например IP44, используется такая система охлаждения, как наружный обдув, при котором охлаждающий воздух прогоняется вдоль наружной поверхности ребренного корпуса с помощью вентилятора, установленного вне корпуса на выступающем конце вала и с противоположной стороны от его выходного конца.

§ 36. УСТРОЙСТВО СИНХРОННОЙ МАШИНЫ, КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ ЕЕ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ

Синхронные машины выполняют с роторами двух конструкций: с явновыраженными полюсами (явнополюсными) и с неявновыраженными (неявнополюсными).

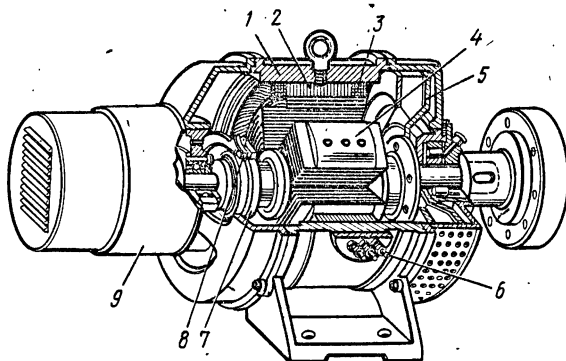


Рис. 92. Устройство электрической машины с явно-полюсным ротором:

1 — корпус, 2 и 3 — сердечник и обмотка статора, 4 — ротор, 5 — вентилятор, 6 — выводы обмотки статора, 7 — контактные кольца, 8 — щетки, 9 — возбудитель

Устройство синхронной машины с явнополюсным ротором показано на рис. 92, а конструкция этого ротора и его деталей — на рис. 93. Станина (корпус) 1 синхронной машины

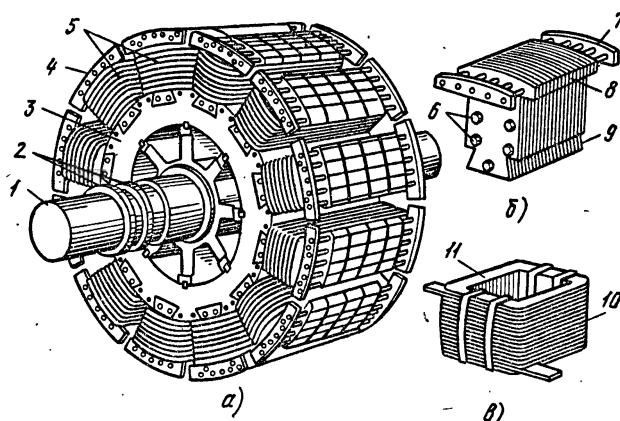


Рис. 93. Конструкция явнополюсного ротора и его деталей:

а — общий вид ротора, б — сердечник полюса ротора с успокоительной обмоткой, в — обмотка полюса; 1 — вал, 2 — контактные кольца, 3 — обод, 4 — полюс, 5 — обмотка возбуждения, 6 — заклепки, 7 — сегмент, замыкающий стержни успокоительной обмотки, 8 и 9 — наконечник и хвостовик полюса, 10 — катушка полюса, 11 — каркас обмотки полюса

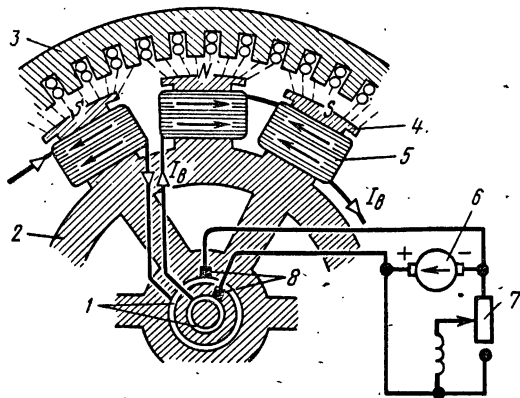


Рис. 94. Схема возбуждения обмотки ротора синхронной машины:

1 — контактные кольца, 2 — ротор, 3 — статор, 4 — полюс, 5 — катушка полюса, 6 — возбудитель (машина постоянного тока), 7 — шунтовой регулятор, 8 — щетки

(рис. 92) отливается обычно из чугуна и служит для размещения в ней сердечника 2, в пазах которого уложены катушки обмотки 3 статора. Сердечник представляет собой плотно спрессованный пакет изолированных штампованных листов электротехнической стали толщиной 0,35–0,5 мм с выштампованными в них вырезами, образующими в собранном пакете сердечника пазы, в которые уложена трехфазная обмотка ротора.

Явнополюсный ротор (рис. 93, а) состоит из вала 1, на который насажен стальной обод 3 с закрепленными на нем полюсами 4 с обмоткой 5. Обмотки полюсов (катушки возбуждения) соединены последовательно, образуя роторную обмотку возбуждения синхронной машины. Концы обмотки возбуждения присоединяют к контактным кольцам 2, изолированным от вала втулками из стеклоткани или миканита. Каждый полюс явнополюсного ротора состоит из сердечника и обмотки. Сердечник полюса (рис. 93, б) набирается обычно из листов конструкционной стали толщиной 1–2 мм, скрепляемых друг с другом стяжными стальными заклепками 6, прочно стягивающими их в пакет.

В синхронных машинах с явнополюсным ротором в полюсных наконечниках 8 размещают стержни пусковой обмотки, выполненной из круглых прутков латуни. Пусковую обмотку называют также успокоительной или демпферной, так как она обеспечивает быстрое затухание колебаний ротора, возникающих при переходных режимах работы синхронной машины.

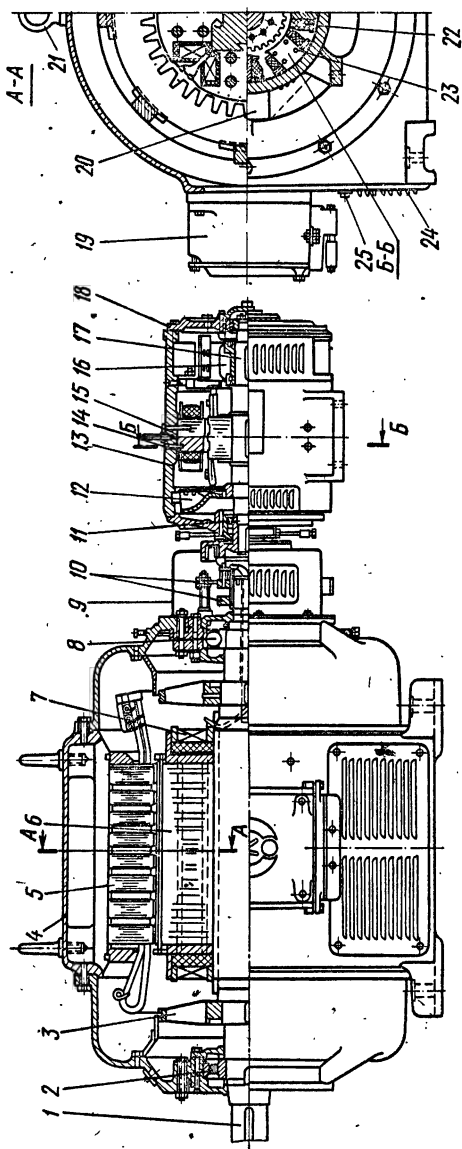


Рис. 95. Синхронный генератор Сд-128-4:

1, 3, 4, 18, 19 и 21 — вал, вентилятор, станина, подшипниковый щит, коробка выводов и рам, 2 и 8 — подшипники, 5 — сердечник статора, 6 и 7 — сердечник и катушка полюса, 9 — кожух, 10 — контактные кольца, 11, 12, 13, 15 и 20 — подшипник, вентилятор, станина, подшее кольцо и коробка зажимов возбuditеля, 14 — сердечник якоря возбuditеля, 16 — коллектор, 17 — вал якоря, 22 и 23 — добавочный и главный полюса возбuditеля, 24 — жалюзи, 25 — болт заземления.

Полнос хвостовиком 9 закрепляется в специальных пазах обода ротора. Катушка 10 полюса (рис. 93, в) намотана прямоугольным или круглым медным проводом. Провода обмотки полюса изолированы и намотаны на каркас 11 из изоляционного материала. Концы обмотки выведены в разные стороны для удобства присоединения их к концам обмоток соседних полюсов. Ротор помещен внутри статора, закрытого подшипниковыми щитами, установленными на торцах станины.

Для возбуждения синхронной машины необходимо питание обмотки ее ротора постоянным током. В зависимости от способа питания этой обмотки различают системы независимого возбуждения и самовозбуждения. При независимом возбуждении в качестве источника питания обмотки служит генератор постоянного тока (возбудитель), установленный на валу ротора синхронной машины. Схема возбуждения синхронной машины от генератора (машины постоянного тока) показана на рис. 94, а устройство синхронного генератора с возбудителем на валу — на рис. 95. При самовозбуждении обмотка возбуждения питается постоянным током от выводов статора через выпрямитель.

Синхронные машины применяют в качестве первичных двигателей, когда требуется стабильная частота вращения механизма, приводимого в движение от электропривода.

§ 37. УСТРОЙСТВО АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И КОНСТРУКЦИЯ ИХ ОСНОВНЫХ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ

Асинхронные двигатели по своему устройству бывают двух типов: с короткозамкнутым и фазным ротором, последние называют также двигателями с контактными кольцами. Устройство асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором показано на рис. 96, конструкции короткозамкнутых роторов — на рис. 97, а, б, а форма пазов роторов — на рис. 98. В двигателях с короткозамкнутым ротором его обмотка представляет собой ряд медных или алюминиевых стержней, расположенных в пазах сердечника ротора и замкнутых по торцам кольцами. Такую обмотку ротора называют «беличья клетка».

Форма пазов и конструкция обмотки короткозамкнутого ротора определяются мощностью электродвигателя и требованиями к его пусковым характеристикам. Короткозамкнутые электродвигатели мощностью до 75 кВт имеют обычно пазы, показанные на рис. 98, а, и литую обмотку из алюминия, двигатели выше 75 кВт с более высоким пусковым моментом — узкие глубокие пазы, изображенные на рис. 98, б, в. В данном случае высокий пусковой момент достигается за счет эффекта вытеснения тока, возрастающего с увеличением высоты стержня в пазу.

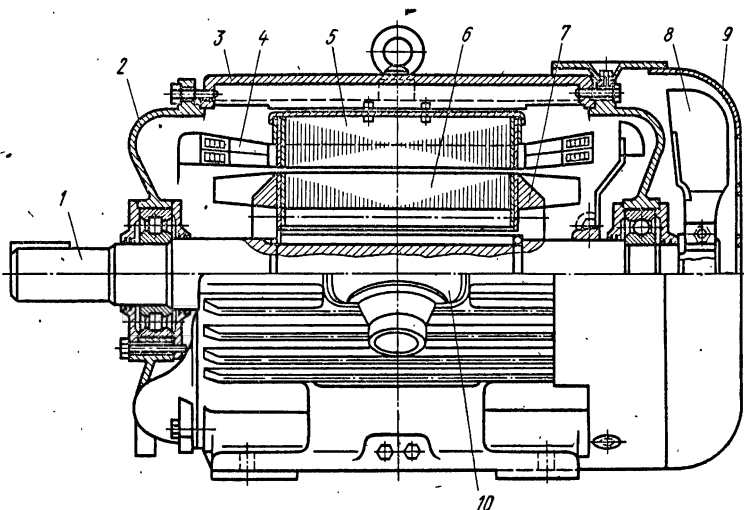


Рис. 96. Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором серии АО2 (закрытое обдуваемое исполнение):

1 — вал, 2 — подшипниковый щит, 3, 4 и 5 — корпус, обмотка и сердечник статора, 6 — сердечник ротора, 7 — обмотка ротора (короткозамкнутая), 8 — вентилятор, 9 — кожух вентилятора, 10 — коробка выводов

Чтобы в асинхронных электродвигателях мощностью выше 100 кВт с малым числом полюсов получить требуемый пусковой момент, применяют роторы с фигурными пазами (рис. 98, з, д, е).

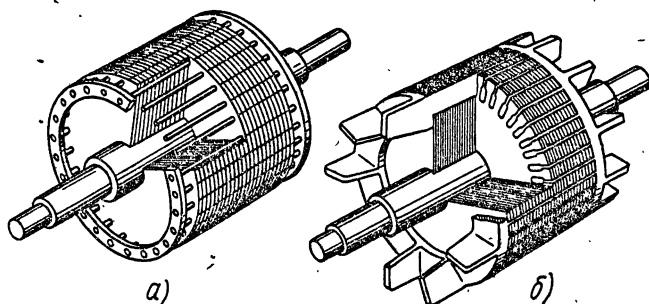


Рис. 97. Короткозамкнутые роторы асинхронных электродвигателей:

а — со сварной обмоткой «беличья клетка», б — с литой обмоткой

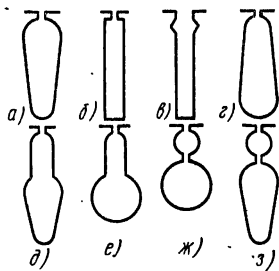


Рис. 98. Формы пазов короткозамкнутых роторов асинхронных двигателей:
а — в — глубокие, б — г — фигурные.

Роторы асинхронных электродвигателей, предназначенных для работы в качестве приводов механизмов с тяжелыми условиями пуска, имеют пазы, показанные на рис. 98, а, в, г, и двухклеточную конструкцию обмотки. В таком роторе на каждом зубцовом делении размещены один над другим два стержня. Верхняя группа стержней, лежащая ближе к зазору, образует пусковую обмотку, а нижняя группа стержней — рабочую.

Двойная клетка может быть выполнена в двух вариантах: с общими замыкающими кольцами, расположенными на торцах ротора и замыкающими одновременно стержни пусковой и рабочей обмоток; с отдельными замыкающими кольцами, когда на каждом торце ротора располагают по два кольца, одно из которых замыкает только стержни пусковой обмотки, а другое — стержни рабочей.

Роторы с пазами круглой формы в современных электрических машинах почти не применяются и встречаются при ремонте маломощных машин старых конструкций.

Короткозамкнутые обмотки роторов асинхронных двигателей бывают двух конструктивных исполнений: сварные из медных стержней, приваренных или припаянных к замыкающим кольцам, расположенным в торцах ротора; литые с алюминиевыми стержнями, образованными заливкой пазов ротора алюминием. При литых конструкциях одновременно со стержнями отливают и замыкающие кольца с лопатками, выполняющими при работе машины роль вентилятора.

Электродвигатели с короткозамкнутыми роторами широко распространены из-за простоты конструкции и высокой надежности в работе.

Принципиально сходными с асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором, но конструктивно более сложными являются двигатели с фазным ротором, поэтому ниже приводится более подробное описание их устройства.

Асинхронный защищенный двигатель с фазным ротором (рис. 99) состоит из станины 13, во внутренней расточке которой расположен сердечник 14, скрепленный скобами 17, уложенными в специальные углубления, и запрессованный

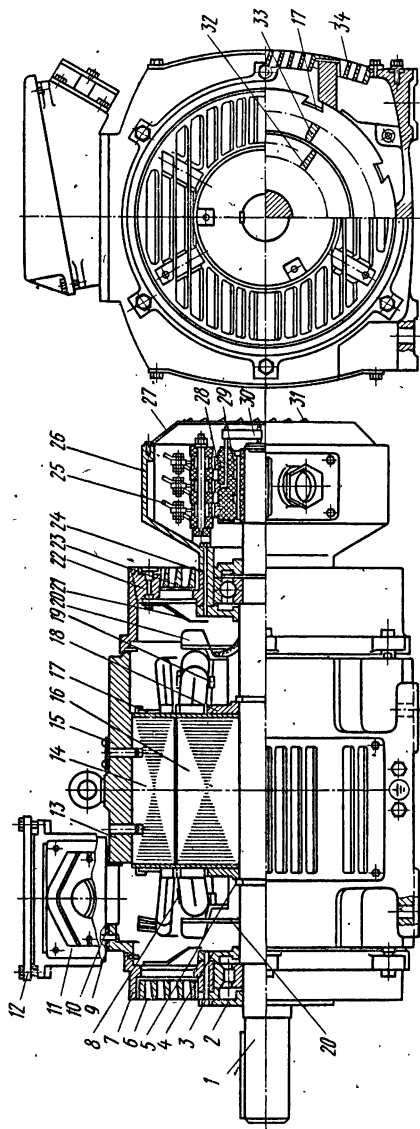


Рис. 99. Асинхронный электродвигатель с фазным ротором

во внутреннюю расточку станины. Положение сердечника фиксируется штифтами 15, предотвращающими его смещение в радиальном направлении. В полузакрытые пазы сердечника уложена всыпная двухслойная обмотка 33 из круглого эмалированного провода. Витки обмотки изолированы в пазах сердечника пазовой изоляцией, выполненной в виде коробочки из лакокленкослюдопласта.

Для удобства присоединения концов обмотки к электрической сети коробка вводов 11 поворотной конструкции расположена сверху станины и закреплена на ней болтами 10. Коробка вводов герметизирована прокладками 9 и 12.

Сердечник 16 ротора собран на валу 1 из изолированных листов электротехнической стали и прочно стянут чугунными нажимными шайбами 18, запертыми стопорными кольцами 5. В полузакрытые пазы ротора уложена обмотка 32, удерживаемая в пазовой части клиньями. Лобовые части роторной обмотки опираются на изолированные металлические кольца 19, укрепленные на нажимных шайбах, и с помощью бандажей 8 из стеклотенты удерживаются от деформирующих воздействий, вызванных центробежными силами.

Трехфазная обмотка ротора соединена в звезду, а три свободных конца обмотки выведены через отверстия в центральной части вала к контактным кольцам. Соединение выводов обмотки ротора с контактными кольцами осуществляется хомутиками 30.

Контактные кольца 28 насажены на конец вала 1 за подшипниковым щитом 22 на изоляционные втулки 29, что обеспечивает легкий и удобный доступ к контактным кольцам и щеткодержателям. Такой компоновкой достигается максимальная унификация двигателей, что позволяет иметь для двигателей с короткозамкнутым и фазным роторами одинаковые статоры, подшипниковые щиты и другие детали и сборочные единицы. Конструкция двигателя обеспечивает возможность его разборки без снятия контактных колец, для чего их наружный диаметр выполняется меньшим, чем диаметр отверстия под подшипник в щите 22. Наружная крышка подшипника 23 прижимается к последнему корпусом 26 контактных колец, к которому через изоляционные втулки крепятся щеткодержатели 25. Соединительные провода от щеток выведены в коробку выводов контактных колец.

Вал 1 двигателя вращается в подшипниках качения. Со стороны привода находится роликовый подшипник 3, способный выдержать большие нагрузки. Шариковый подшипник 23 поджат в аксиальном направлении кольцевой волнистой пружиной 24, что обеспечивает компенсацию теплового удлинения вала. Подшипники с наружной и внутренней сторон закрыты чугунными крышками 2 и 4. Вентиляция двигателя аксиальная. Перемещение воздуха осуществляется вентиляторами 20, укрепленными на нажимных шайбах. Забор воздуха происходит

через отверстия в подшипниковых щитах 7 и 22, закрытые жалюзи 6. Выбрасывается горячий воздух через отверстие в средней части станины, также закрытое жалюзи 34. Для создания направленного потока воздуха служат диффузоры 21. Охлаждение контактных колец производится потоком воздуха, создаваемым их вентиляционным действием. Для забора воздуха в крышке 27 корпуса контактных колец предусмотрены жалюзи 31, а для выхода воздуха — отверстия в корпусе 26.

Защищенные двигатели предназначены для работы в отапливаемых и неотапливаемых помещениях при температуре от -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$. Жалюзи на подшипниковых щитах, станине и крышке корпуса контактных колец обеспечивают защиту персонала от возможности соприкосновения пальцев с токопроводящими или движущимися частями, предохраняют машины от попадания посторонних твердых тел диаметром не менее 12,5 мм и капель воды, падающих под углом не более 60° к вертикали.

Особенность асинхронных электродвигателей — отсутствие электрической связи обмотки ротора с источником электроэнергии. Ток в обмотке ротора возникает исключительно за счет индуктивной (трансформаторной) связи этой обмотки с обмоткой статора, поэтому асинхронные машины называют также индукционными.

Трехфазный асинхронный двигатель работает следующим образом. При включении в сеть обмотки статора возникает вращающееся магнитное поле, пересекающее проводники обмотки ротора и наводящее в них эдс. Но поскольку обмотка ротора замкнута, в проводниках возникают токи. Взаимодействие этих проводников с магнитным полем статора создает на проводниках обмотки ротора электромагнитные силы, стремящиеся повернуть ротор в направлении вращения магнитного поля статора. Совокупность сил, приложенных к проводникам, создает на роторе электромагнитный момент, приводящий его во вращение с частотой, близкой к частоте вращения поля статора. Вращение ротора передается валом исполнительному механизму. Таким образом, электрическая энергия, поступающая из сети в обмотку статора, преобразуется в механическую энергию вращения вала двигателя.

Направление вращения магнитного поля статора, а следовательно, и направление вращения ротора зависят от порядка чередования фаз напряжения, подводимого к обмотке статора. Частота вращения ротора асинхронной машины всегда меньше частоты вращения поля статора, поскольку только в этом случае происходит наведение эдс в обмотке ротора. Разность частот ротора и вращающегося поля статора выражается скольжением, которое называют номинальным, если оно соответствует номинальной нагрузке двигателя. Для асинхронных двигателей нормального исполнения мощностью от 1 до

1000 кВт номинальное скольжение приблизительно составляет от 6 до 2% соответственно.

Преобразование энергии в асинхронном двигателе, как и во всякой электрической машине, связано с ее потерями. Эти потери делят на механические, электромагнитные и электрические.

Механические потери, являясь основным видом потерь в асинхронных двигателях, обусловлены трениями в подшипниках и вращающихся частей о воздух.

При необходимости включения двигателя с нагрузкой на валу в качестве привода применяют асинхронные двигатели с фазным ротором (с контактными кольцами), в цепь ротора которых включают пусковой реостат и таким образом увеличивают ее активное сопротивление. При этом снижается пусковой ток и увеличивается пусковой момент двигателя. Из-за возможности регулирования пускового тока и увеличения пускового момента асинхронный двигатель с фазным ротором в ряде случаев становится незаменимым видом электропривода.

§ 38. УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА И КОНСТРУКЦИИ ИХ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ И ДЕТАЛЕЙ

Электротехническая промышленность выпускает электрические машины постоянного тока большой номенклатуры по мощности и конструктивному исполнению, поэтому несмотря на некоторые различия в конструкции отдельных сборочных единиц и деталей, их устройство одинаково. Основным типом машины постоянного тока является коллекторная, отличительным признаком которой служит наличие коллектора на валу якоря машины. На статоре машины помимо главных полюсов с обмоткой возбуждения имеются добавочные полюса.

Электрическая машина постоянного тока (рис. 100) состоит из статора, якоря, коллектора, щеточного аппарата и подшипниковых щитов.

Статор состоит из станины 6, главных полюсов 4 и добавочных полюсов (на рисунке не показаны) с соответствующими катушками. Станина служит для крепления полюсов и подшипниковых щитов и является частью магнитной цепи, поскольку через нее замыкается магнитный поток машины. Поэтому станину изготавливают из стали — материала, обладающего достаточной механической прочностью и большой магнитной проницаемостью. По окружности станины расположены отверстия для крепления полюсов.

Главные полюса (рис. 101) выполняют шихтованными из стальных штампованных листов стали толщиной 1 или 2 мм, а добавочные — массивными или также шихтованными. Стальные листы сердечника 2 полюсов спрессованы и скреплены

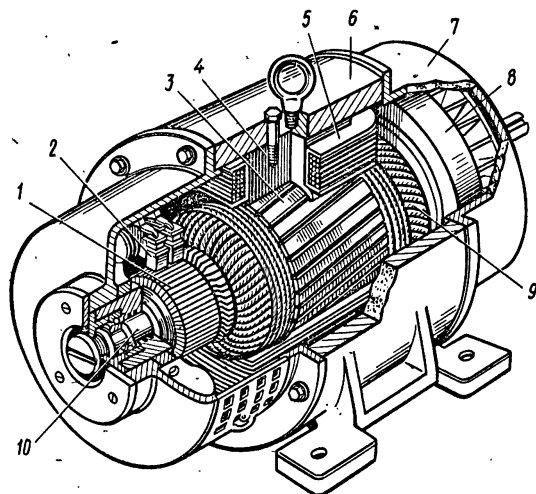


Рис. 100. Устройство электрической машины постоянного тока:

1 — коллектор, 2 — щетки, 3 и 9 — сердечник и обмотка якоря, 4 — главный полюс, 5 — катушка обмотки возбуждения, 6 — станина (корпус) 7 — подшипниковый щит, 8 — вентилятор, 10 — вал.

заклепками 4, головки которых утоплены в нажимные щеки 5, установленные на торцах каждого полюса. Шихтованными могут изготавливаться только наконечники главных полюсов, так как при вращении зубчатого якоря из-за пульсации магнитного потока в воздушном зазоре в них возникают вихревые токи и потери мощности. Однако исходя из технологического

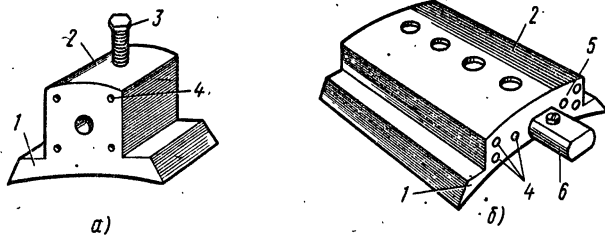


Рис. 101. Главные полюса электрической машины постоянного тока и способы их крепления:

а — болтом, б — стержнем; 1 — полюсный наконечник, 2 — сердечник полюса, 3 — болт крепления сердечника, 4 — заклепка, 5 — нажимные щеки, 6 — установочный стержень

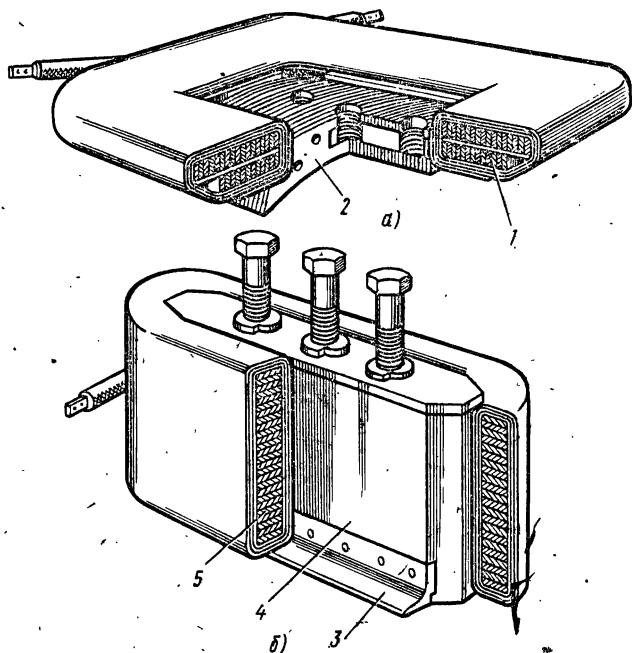


Рис. 102. Катушки полюсов:

а — главного, *б* — добавочного; 1 — катушка обмотки, 2 и 4 — главный и добавочный полюса, 3 — опорный угольник, 5 — обмотка добавочного полюса

удобства изготовления полюсов их обычно делают шихтованными.

Полюса крепят к станине болтами: нарезку резьбы для болтов выполняют непосредственно в шихтованном сердечнике 2 полюса (рис. 101, *а*) либо в массивных стальных стержнях 6 (рис. 101, *б*), вставленных в выштампованные отверстия в полюсах.

Магнитное поле в машине создается намагничивающей силой обмотки возбуждения, выполняемой в виде полюсных катушек, надетых на сердечники главных полюсов. Для уменьшения искрения под щетками и предупреждения таким образом подгара пластин коллектора и образования на его поверхности «кругового огня» машина снабжена добавочными полюсами с катушками, установленными на их сердечниках. Добавочные полюса размещают между главными полюсами и крепят к станине болтами.

Катушки главных и добавочных полюсов (рис. 102, *а, б*) изготовляют из изолированного медного провода круглого

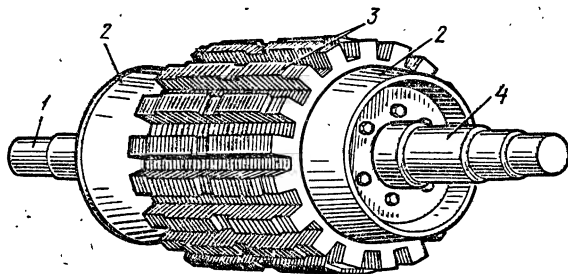


Рис. 103. Сердечник якоря машины постоянного тока:
1 — вал, 2 — обмоткодержатель, 3 — выточки для наложения бандажа, 4 — место посадки коллектора на валу

или прямоугольного сечения. Катушки добавочных полюсов включаются последовательно с обмоткой якоря, поэтому сечение их проводов рассчитано на рабочий ток машины. В некоторых мощных машинах постоянного тока обмотку полюса выполняют из нескольких секций с установкой между ними дистанционных шайб из изоляционных материалов, образующих вентиляционные каналы.

Якорь машины постоянного тока состоит из вала, сердечника, обмотки и коллектора. Сердечник якоря (рис. 103) собран из штампованных листов электротехнической стали (рис. 104) с выштампованными в них вырезами определенной формы, образующими в собранном сердечнике пазы для укладки в них обмотки якоря. Листы сердечника обычно изолированы с двух сторон тонкой пленкой лака, но могут быть и оксидированы. Собранные в общий пакет листы образуют сердечник, насаженный на вал якоря и закрепленный на нем с помощью нажимных шайб. Такая конструкция позволяет уменьшить потери энергии в сердечнике от действия вихревых токов, возникающих в результате его перемagnetивания при вращении якоря в магнитном поле. Для лучшего охлаждения машины в сердечниках якоря обычно имеются вентиляционные каналы для охлаждающего воздуха. Сердечник, в пазы которого уложена секция обмотки якоря, показан на рис. 105.

Обмотка якоря выполняется из медных проводов круглого или прямоугольного сечения и состоит из заранее заготовленных секций, концы которых припаивают к петушкам пластин коллектора. Обмотку делают двухслойной: размещают в каждом пазу две стороны различных якорных катушек — одну поверх другой. Для прочного закрепления проводов обмотки якоря в пазах используют деревянные, гетинаксовые или текстолитовые клинья. Деревянные клинья, широко применявшиеся в электродвигателях старых конструкций, не обеспечи-

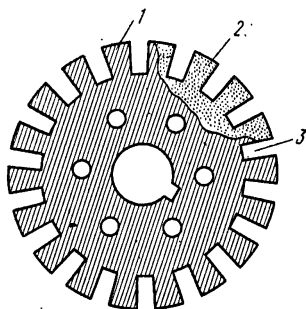


Рис. 104. Стальной лист сердечника якоря:

1 — зубец листа, 2 — изоляция,
3 — паз

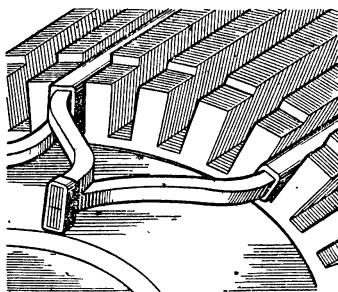


Рис. 105. Расположение секций обмотки якоря в пазах сердечника

вают надежного крепления обмотки в пазах сердечника, поскольку при высыхании настолько уменьшаются в объеме, что могут выпасть из паза. В некоторых конструкциях машин пазы не расклинивают, а обмотку крепят бандажом.

Бандаж выполняют из немагнитной стальной проволоки, наматываемой с предварительным натяжением. Лобовые части обмотки якоря крепят к обмоткодержателю также при помощи бандажа. В современных машинах для бандажирования якорей используют стеклоленту.

Коллектор машины постоянного тока собран из клинообразных пластин холоднокатаной меди, изолированных друг от друга прокладками из коллекторного миканита. Нижние (узкие) края пластин имеют вырезы в форме «ласточкина хвоста», служащие для закрепления медных пластин и миканитовой изоляции.

По способу закрепления комплекта медных и миканитовых пластин различают коллекторы на пластмассе (рис. 106, а) и со стальными нажимными конусами и втулкой (рис. 106, б). Коллекторы крепятся нажимными конусами двумя способами: при одном из них усилие от зажима передается только на внутреннюю поверхность «ласточкина хвоста», а при другом — на «ласточкин хвост» и конец пластины, при этом пластины закрепляются враспор.

Коллекторы с первым способом крепления называют *арочными*, а вторым способом — *клиновыми*. Чаще всего применяют арочные коллекторы, поскольку при ослаблении давления между их пластинами из-за усадки межпластинной миканитовой изоляции эти коллекторы можно предпрессовывать, восстанавливая таким образом необходимое сжатие пластин и прочность коллекторов.

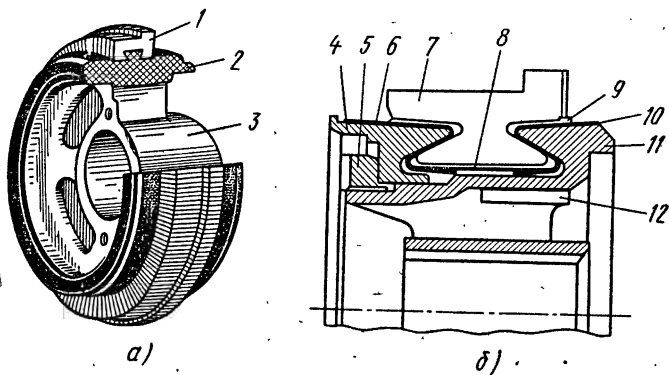


Рис. 106. Коллекторы электрических машин:

а — на пластмассе, *б* — с нажимными конусами; 1 и 7 — пластины коллектора, 2 — пластмасса, 3 и 11 — втулки, 4 — нажимной конус, 5 — гайка, 6 и 10 — манжеты, 8 — изолирующий цилиндр, 9 — шнур, 12 — балансировочный груз

Щеточный аппарат (рис. 107) состоит из траверсы, щеточных пальцев и щеткодержателей. Траверса (рис. 107, *а*) служит для крепления на ее щеточных пальцах щеткодержателей (рис. 107, *б, в, г*), создающих необходимую электрическую цепь. Щеткодержатель состоит из обоймы и нажимного устройства, обеспечивающего прилегание щетки к коллектору с необходимым усилием. Давление (0,02—0,04 МПа) на щетку должно быть отрегулировано так, чтобы был плотный и надежный контакт между щеткой и коллектором.

В машинах постоянного тока применяют щеткодержатели двух типов: радиальные, у которых ось щетки совпадает с продолжением радиуса коллектора (см. рис. 107, *б, в*), и реактивные, у которых ось щетки расположена под углом к продолжению радиуса коллектора в сторону его вращения (см. рис. 107, *г*).

Щетка (рис. 108) представляет собой прямоугольный брусок из композиций, выполненных на основе графита. Она снабжена гибким медным канатиком 1, один конец которого заармирован в щетку, а другой свободный — снабжен наконечником 2 для присоединения к щеточному аппарату. Все щеткодержатели одной полярности соединены между собой сборными шинами, подключенными к выводам машины.

Применяемые в машинах постоянного тока щетки имеют маркировку, характеризующую их состав и физические свойства. Щетки, используемые в машинах общепромышленного назначения, подразделяются на три основные группы: графитные, угольно-графитные и медно-графитные. В целях нормальной работы и продления срока службы коллектора следует

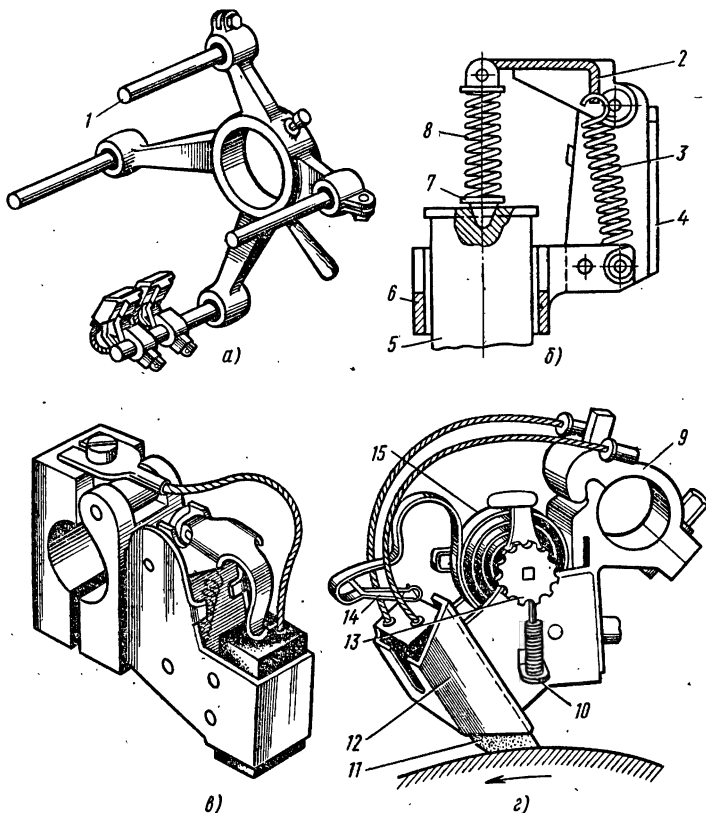


Рис. 107. Щеточный аппарат электрических машин постоянного тока:

а — траверса, *б* и *в* — радиальные щеткодержатели, *г* — реактивный щеткодержатель; *1* — пальцы (бракеты), *2* — рычаг, *3*, *8* и *15* — пружины, *4* — корпус, *5* и *11* — щетки, *6* — обойма, *7* — фарфоровый наконечник, *9* — хомут, *10* — штифт, *12* — стенка обоймы, *13* — храповик, *14* — колечко пружины

применять для каждой машины щетки только той марки, которая определена заводом-изготовителем с учетом мощности, конструкции, условий работы и электрической характеристики машины.

Подшипниковые щиты электрических машин служат в качестве соединительных деталей между станиной и якорем, а также опорной конструкцией для якоря, вал которого вращается в подшипниках, установленных в щитах.

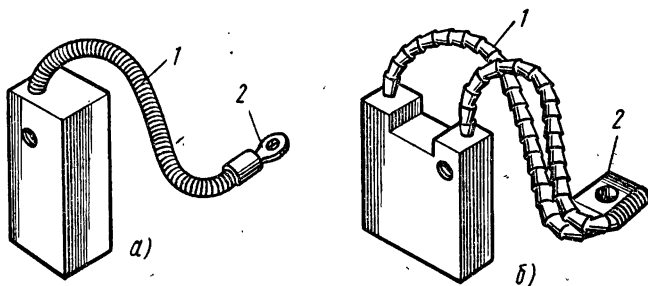


Рис. 108. Щетки:

а — машин малой и средней мощности, *б* — машин большой мощности; 1 — щеточный канатик, 2 — наконечник

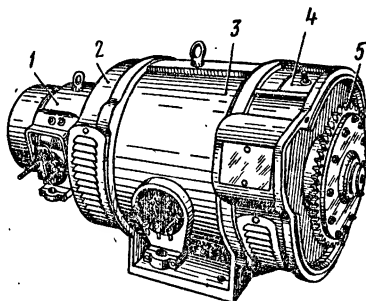
В электрических машинах постоянного тока применяют различные подшипниковые щиты, отличающиеся друг от друга формой, размером и материалом, из которого они изготовлены. Однако несмотря на большое разнообразие конструкций подшипников щиты можно разделить по назначению на два основных вида: обычные и фланцевые для установки и крепления непосредственно на исполнительном механизме.

В ряде случаев электрические машины постоянного тока могут иметь комбинированную систему крепления (рис. 109), т. е. станину с лапами для установки и крепления на опорной конструкции и одновременно фланцевый подшипниковый щит для крепления на исполнительном механизме.

Подшипниковые щиты электрических машин постоянного тока изготавливают методом литья (преимущественно из стали, реже из чугуна и сплавов алюминия), а также сварки или штамповки. В центре щита имеется расточка под подшипник, в которой устанавливают шариковый или роликовый подшипник качения. В мощных машинах постоянного тока в ряде случаев используют подшипники скольжения.

Рис. 109. Электрическая машина со станиной для крепления на опорной конструкции и подшипниковым щитом для крепления на исполнительном механизме:

1 — возбудитель, 2 и 4 — передний и задний подшипниковые щиты, 3 — станина, 5 — зубчатая шестеренка



1. Какими основными показателями характеризуются электрические машины?
2. Какие исполнения электрических машин вы знаете?
3. Каково устройство синхронной машины?
4. Чем отличается короткозамкнутый ротор от фазного?
5. Назовите основные части машины постоянного тока и укажите их назначение.
6. Перечислите механические причины искрения щеток машины постоянного тока.
7. Расскажите об устройстве коллектора машины постоянного тока и его роли.

ГЛАВА VI

РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

§ 39. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В зависимости от габаритных размеров, массы и характера ремонта электрической машины, а также наличия или отсутствия необходимых условий для ремонта ее ремонтируют либо на месте, либо в электроремонтном цехе, или на электроремонтном заводе.

Техническими условиями предусмотрено два вида ремонта электрических машин — капитальный и средний.

При капитальном ремонте машину разбирают полностью, перематывают обмотки (статора, ротора, полюсов, якоря), ремонтируют коллектор (заменяя до пяти коллекторных пластин) и изоляционные манжеты с последующей проточкой и продороживанием коллектора, контактные кольца, щеточный механизм, подшипники, валы, вентиляторы, щиты и другие сборочные единицы и детали.

При среднем ремонте производят подызолировку; покрытие лаком лобовых частей обмоток статора, фазного ротора и катушек полюсов; протачивают контактные кольца; протачивают и продороживают коллектор; ремонтируют (перезаливают) подшипники скольжения или заменяют подшипники качения; ремонтируют щеточный механизм.

Электроремонтные заводы принимают в ремонт электрические машины с наличием всех основных сборочных единиц и деталей, включая старую обмотку. Машины раскомплектованные, с разбитым корпусом или щитами, со значительным повреждением активной стали, а также с отбитыми лапами (более двух) в ремонт не принимают. У поступающих в ремонт асинхронных электродвигателей мощностью до 100 кВт воздушный зазор не должен быть выше нормального (заводского) более чем на 25% — для двухполюсных машин и на 15% — для электродвигателей с большим числом полюсов.

Машины, не удовлетворяющие этим условиям, принимают в ремонт только при согласии ремонтного предприятия.

При ремонте у электрических машин сохраняются конструкции завода-изготовителя и паспортные данные. Однако по просьбе заказчика и при согласии ремонтной организации у электрической машины могут быть изменены частота вращения, напряжение и мощность, а также другие ее технические параметры.

При ремонте электрических машин необходимо соблюдать основные требования, обеспечивающие их длительную и надежную работу:

конструкционные материалы, применяемые при ремонте, должны удовлетворять соответствующим стандартам и техническим условиям, а электроизоляционные материалы должны быть классов нагревостойкости не ниже, чем по исполнению завода-изготовителя;

предельно допускаемые превышения температуры сборочных единиц и деталей машин должны соответствовать нормам, установленным ГОСТом;

обмотки и другие токопроводящие части должны быть надежно закреплены, а пазовые клинья прочно удерживаться в пазах;

деревянные детали следует изготавливать из сухой (влажность не более 6%) древесины деревьев твердых пород (бука, березы и др.), хорошо пропитывать;

проволочные бандажы роторов и якорей надо выполнять из бандажной проволоки, обладающей требуемым сопротивлением на разрыв, а стекловолоконные бандажы — из ленты ЛСБ, наложенной с натяжением 850—950 Н;

коллектор должен иметь строго цилиндрическую форму; биение коллектора диаметром до 250 мм не должно превышать 0,05 мм при частоте вращения 1500—3000 об/мин и 0,15 мм — при частоте вращения менее 1500 об/мин;

машины с перемотанными обмотками роторов или якорей, а также с вновь наложенными бандажами должны без повреждений выдерживать увеличение частоты вращения согласно ГОСТу;

предельно допускаемая температура подшипников скольжения при длительной номинальной нагрузке не должна превышать 80 °С (при этом температура масла допускается не выше 65 °С), а подшипников качения 100 °С;

щеточный аппарат машины следует укомплектовать щетками соответствующих марок и размеров, хорошо притертыми к поверхности коллектора или контактных колец с отрегулированным нажатием пружин (чтобы щетки свободно передвигались в обоймах, между щеткой и обоймой должен быть зазор 0,1—0,4 мм в направлении вращения и 0,2—0,5 мм в направлении оси коллектора);

электрическая прочность изоляции каждой из обмоток от-

носителю корпуса машины, а также между смежными витками обмотки должна удовлетворять требованиям, указанным в ГОСТе;

у отремонтированных машин должны быть окрашены их наружные поверхности, внутренняя поверхность подшипниковых щитов и вентиляторы, а выступающие концы вала покрыты консервационной смазкой;

электрические машины в зависимости от их вида и произведенного ремонта (капитальный, средний) должны проходить приемо-сдаточные послеремонтные испытания в объеме, предусмотренном нормами, техническими условиями и ГОСТами.

Структура электроремонтного завода или электроцеха предприятия и принятая технология ремонта должны обеспечивать качество ремонта и максимальную экономию материалов и труда.

Эта структура и технология зависят от количества, номенклатуры и мощности ремонтируемых электрических машин, наличия необходимого оборудования (подъемно-транспортных средств, металлообрабатывающих станков, электросварочных аппаратов, специального технологического оборудования), размеров производственных площадей и ряда других факторов. При этом учитываются также возможности кооперирования с другими электроремонтными предприятиями, наличие кадров квалифицированных электромонтеров и электрослесарей по ремонту электрических машин, экономическая целесообразность осуществления на своем предприятии ремонта небольшого количества сложных или мощных машин, требующего особого оборудования, и др.

Важнейшими показателями организации и технологии ремонта электрических машин являются: сокращение нормативных сроков пребывания машин в ремонте; увеличение продолжительности работы отремонтированных машин между очередными ремонтами; снижение фактической стоимости ремонта по сравнению с плановой.

На предприятиях эксплуатируются разнообразные электрические машины общего и специального назначения различных мощностей и конструктивных исполнений, поэтому рекомендовать структуру электроремонтного цеха или технологию ремонта, способную удовлетворить предприятия даже какой-либо одной отрасли промышленности, невозможно. В качестве примера на рис. 110 показана наиболее распространенная структурно-технологическая схема ремонта электрических машин мощностью до 100 кВт, применяемая в электроремонтных цехах многих предприятий.

В технологическом процессе ремонта электрических машин значительное место занимают работы по разборке, демонтажу, лужению, пайке, слесарной обработке и сборке, выполняемые электрослесарем.

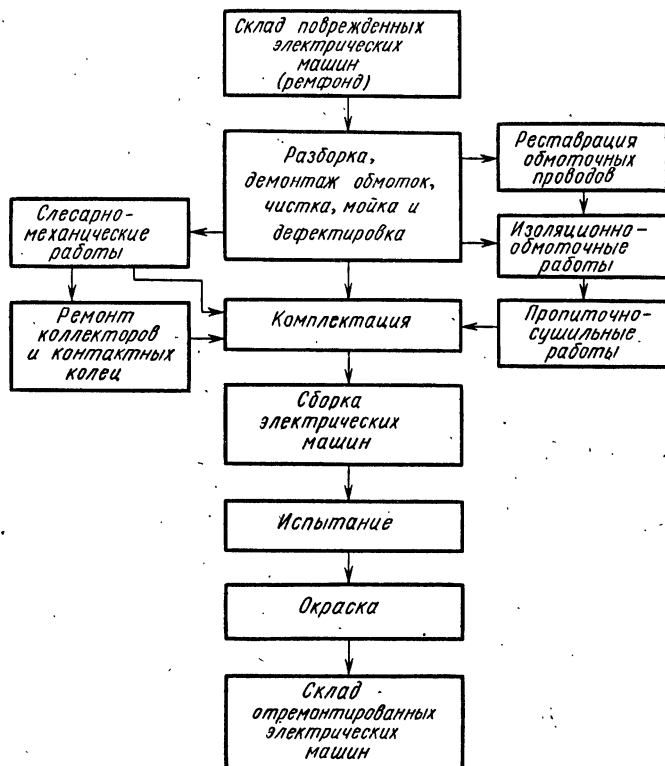


Рис. 110. Схема ремонта электрических машин

В этой главе при описании технологии ремонта электрических машин основное внимание уделено его электрослесарным операциям. Ремонтные операции, производимые рабочими других специальностей (обмотчиками, изолировщиками, испытателями машин), приводятся только в той мере, в какой должен быть осведомлен о них электрослесарь для квалифицированного выполнения электрослесарных операций ремонта, а также некоторых операций, осуществляемых обмотчиками и изолировщиками.

В перечень электрослесарных работ по ремонту электрических машин входят:

дефектировка, предремонтные испытания и разборка машин;

ремонт коллекторов, щеточного аппарата, контактных ко-

лец, сердечников, валов, вентиляторов, станин, подшипниковых щитов, подшипников и обмоток;

бандажирование и балансировка роторов и якорей;
сборка и послеремонтные испытания электрических машин.

§ 40. ДЕФЕКТИРОВКА И ПРЕДРЕМОНТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Электрические машины, поступившие в ремонт, тщательно осматривают, а при необходимости испытывают и разбирают с целью полного выявления причин, характера и масштабов повреждения. Осмотр машины, ознакомление с объемом и характером предыдущих ремонтов и эксплуатационными журналами, а также проведение испытаний позволяют оценить состояние всех сборочных единиц и деталей машины и определить объемы и сроки ремонта, составить техническую документацию по ремонту, изготовить или заказать ремонтные приспособления и запасные части, произвести другие необходимые работы по организационной и технической подготовке ремонта.

Машины повреждаются чаще всего из-за недопустимо длительной работы без ремонта, плохого эксплуатационного обслуживания или нарушения режима работы, на который они рассчитаны. Повреждения электрических машин бывают механические и электрические.

К механическим повреждениям относят: выплавку баббита в подшипниках скольжения; разрушение сепаратора, кольца, шарика или ролика в подшипниках качения; деформацию или поломку вала ротора (якоря); образование глубоких выработок («дорожек») на поверхности коллекторов и контактных колец; ослабление крепления полюсов или сердечника статора к станине, разрыв или сползание проволочных бандажей роторов (якорей); ослабление прессовки сердечника ротора (якоря) и др.

Электрическими повреждениями являются пробой изоляции на корпус, обрыв проводников в обмотке, замыкание между витками обмотки, нарушение контактов и разрушение соединений, выполненных пайкой или сваркой, недопустимое снижение сопротивления изоляции вследствие ее старения, разрушения или увлажнения и др.

Электрослесарь по ремонту электрических машин должен хорошо знать характерные признаки, а также способы выявления и устранения различных повреждений и неисправностей, возникающих в этих машинах.

Краткий перечень наиболее распространенных неисправностей и возможных причин их возникновения в электрических машинах приведен в табл. 4.

Таблица 4. Неисправности электрических машин и возможные причины их возникновения

Признак неисправности	Возможная причина
<i>Асинхронные машины с короткозамкнутым ротором</i>	
Электродвигатель не развивает номинальной частоты вращения и гудит	Одностороннее притяжение ротора вследствие износа подшипников, перекоса подшипниковых щитов или изгиба вала
Электродвигатель гудит, ротор вращается медленно, ток во всех трех фазах различен и даже на холостом ходу превышает номинальный	Обрыв одного или нескольких стержней обмотки ротора; неправильное соединение начала и конца фазы обмотки статора (фаза «перевернута»)
Ротор не вращается или вращается медленно, двигатель сильно гудит и нагревается	Обрыв фазы обмотки статора
Электродвигатель перегревается при номинальных нагрузках	Витковое замыкание в обмотке статора; ухудшение условий вентиляции вследствие загрязнения вентиляционных каналов
Недопустимо низкое сопротивление изоляции обмотки статора электродвигателя	Увлажнение или сильное загрязнение изоляции обмотки; старение или повреждение изоляции
Электродвигатель вибрирует во время работы и после отключения при частоте вращения ротора, близкой к номинальной	Нарушение соосности валов; неуравновешенность ротора
Электродвигатель сильно вибрирует, но вибрация прекращается после отключения его от сети, двигатель сильно гудит, ток в фазах неодинаков, один из участков обмотки статора быстро нагревается	Короткое замыкание в обмотке статора электродвигателя
<i>Асинхронные машины с фазным ротором</i>	
Электродвигатель не развивает номинальной частоты вращения	Одностороннее притяжение ротора вследствие износа подшипников, перекоса подшипниковых щитов или изгиба вала; нарушение контакта в двух или трех фазах пускового реостата; нарушение электрической цепи между пусковым реостатом и обмоткой ротора электродвигателя

Признак неисправности	Возможная причина
У электродвигателя медленно увеличивается частота вращения; ротор электродвигателя сильно нагревается даже при небольшой нагрузке	Замыкание части обмотки ротора на заземленный корпус электродвигателя;
Электродвигатель не развивает частоты вращения под нагрузкой, гудит, ток статора «пульсирует»	нарушение изоляции между контактными кольцами и валом ротора
Повышенное искрение между щетками и контактными кольцами	Нарушение контакта в местах пайки обмотки ротора, соединениях ее с контактными кольцами или в соединительных проводах
	Плохая притертость или загрязненность щеток;
	заедание щеток в обоймах щеткодержателей;
	недостаточное нажатие щеток на контактные кольца;
	биение контактных колец;
	нарушение контакта в цепи щеток

Машины постоянного тока

Искрообразование под щетками

Недопустимое искрение, сопровождающееся треском с проскакиванием искр из-под щеток, образование на коллекторе подгара (почернения)

Пробой изоляции электромагнитной системы машины на корпус

Замыкание пластин коллектора

Уменьшение зазоров между якорем и полюсами

Якорь машины не вращается

Перекас щеткодержателей; неполное прилегание поверхностей щеток к коллектору; повышенное давление пружины на щетку;

смещение щеток с нейтрали

Неправильное положение щеток относительно нейтрали, выступание отдельных пластин коллектора; биение коллектора в результате эксцентricности;

выступание миканитовой изоляции из коллектора

Механическое повреждение или старение изоляции катушек

Образование электрического соединения пластин коллектора вследствие замыканий медной пылью или заусенцами медных пластин

Проседание вала якоря в результате износа подшипников скольжения или прогиба вала

Неправильное включение реостата в цепь машины с параллельным возбуждением, вследствие чего снизилось напряжение, подводимое к обмотке возбуждения машины

Неисправности и повреждения электрических машин не всегда удается обнаружить путем внешнего осмотра, так как некоторые из них (витковые замыкания в обмотках статоров, пробой изоляции на корпус, замыкания пластин коллектора, нарушение пайки в обмотках и другие) носят скрытый характер и могут быть определены только после соответствующих измерений и испытаний.

В число предремонтных операций по выявлению неисправностей электрических машин входят: измерение сопротивления изоляции обмоток (для определения степени ее увлажнения), испытание электрической прочности изоляции, проверка на холостом ходу машины целостности подшипников, величины осевого разбега ротора (якоря), правильности прилегания (притертости) щеток к коллектору и контактными кольцам, величины вибрации, определение величины зазоров между вращающимися и неподвижными частями машины, а также проверка состояния крепежных деталей, плотности посадки подшипниковых щитов на заточках станины и отсутствия повреждений (трещин, сколов) у отдельных деталей машины.

Состояние изоляции обмоток ремонтируемой электрической машины проверяют мегаомметром М-1101, МС-2 или МС-05.

Мегаомметр М-1101 состоит из генератора с приводным механизмом и логометрического устройства. Генератор прибора является источником постоянного тока и состоит из магнитопровода статора с пластинчатыми полюсами и ротора, представляющего собой восьмиполюсный постоянный магнит.

Постоянство напряжения на зажимах прибора поддерживается центробежным регулятором с грузами. При повышенной скорости вращения ручки прибора грузы под действием центробежных сил расходятся и, выдвигая ротор из статора, уменьшают магнитное сцепление обмотки и индуцируемое в ней напряжение.

Логометрическое устройство состоит из неподвижной части (постоянный магнит, магнитопроводы, полюсные наконечники) и подвижной (рабочая и противодействующая рамки). Эти рамки жестко скреплены под углом 90° . Токи, проходя по обем катушкам и взаимодействуя с магнитным полем, создают вращающие моменты, направленные в противоположные стороны. Угол поворота подвижной части зависит от отношений токов в катушках и не зависит от приложенного напряжения.

При измерении сопротивления цепи, присоединенной к зажимам прибора, его подвижная часть поворачивается на определенный угол, а закрепленная на ее оси стрелка указывает на шкале прибора, отградуированной в килоомах и мегаомах, сопротивление. Нормальная частота вращения ручки прибора 120 об/мин. Изменение частоты ее вращения от 100 до 140 об/мин практически не влияет на точность измерений.

Проверку мегаомметром состояния изоляции обмоток и цепей тока производят в такой последовательности. Убеждаются в отсутствии напряжения в проверяемой обмотке и присоединенных к ней цепях. Проверяют исправность мегаомметра; устанавливают его горизонтально, присоединяют провода к зажимам и, замкнув их накоротко, вращают ручку мегаомметра*. При замкнутых концах проводов стрелка на шкале прибора должна находиться на нуле, а при разомкнутых — на знаке, обозначающем бесконечность. Убедившись в исправности прибора, касаются концами проводов, присоединенных к его зажимам, одного из выводов обмотки и не соединенной с ней металлической части машины. О состоянии изоляции судят по показаниям прибора. Отсчет показаний по шкале производят после того, как стрелка прибора займет устойчивое положение.

Универсальным прибором является мегаомметр МС-05, имеющий устройство для переключений на напряжения 500, 1000 и 2500 В.

Работа по предремонтному выявлению неисправностей и повреждений электрических машин называется дефектировкой.

Дефектировку осуществляют внешним осмотром, частичной или полной разборкой электрической машины.

Дефектировка, произведенная путем внешнего осмотра и испытаний электрической машины, не всегда позволяет точно определить характер и размеры ее повреждений, а следовательно, и объем предстоящих ремонтных работ. Более полное представление о состоянии и требуемом ремонте электрической машины дает дефектировка, выполняемая после ее разборки.

О всех обнаруженных после разборки машины неисправностях и повреждениях делают соответствующие записи в дефектировочной карте, на основании которых составляют маршрутную карту ремонта с указанием работ, подлежащих выполнению по каждой ремонтной единице или по отдельным сборочным единицам ремонтируемой машины.

§ 41. РАЗБОРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

В ремонт поступают электрические машины отечественного производства и иностранных марок, различающиеся по мощности, исполнению и конструкции.

Порядок разборки каждой ремонтируемой электрической машины определяется ее конструкцией и необходимостью сохранения имеющихся исправных частей, а степень разборки — объемом и характером предстоящего ремонта. Если предвари-

* Описание относится к мегаомметру М-1101. При измерении сопротивления изоляции мегаомметром МС-2 его присоединяют к электрической сети напряжением 127 или 220 В.

тельные осмотр и испытания позволяют судить о характере предстоящего ремонта электрической машины, то до начала ее разборки надо проверить наличие требуемых для ремонта материалов, изделий и запасных деталей соответствующих размеров, марок и характеристик.

Полная разборка электрической машины состоит из двух основных этапов: общей разборки, при которой машину разбирают по основным сборочным единицам, и-детальной разборки, при которой сборочные единицы машины разбирают подетально.

Ниже приводятся описания последовательности и способов выполнения основных операций разборки асинхронных электродвигателей, машин постоянного тока и синхронных машин единых серий наиболее распространенных конструкций. Способы их разборки применимы к большинству электрических машин, выпускаемых в настоящее время и выпускавшихся ранее.

Разборка электрических машин обычно начинается с удаления полумуфты с вала при помощи ручного (с регулируемым раскрытием тяг) или гидравлического съемника.

Съемник с регулируемым раскрытием тяг (рис. 111,а) позволяет снимать (стягивать) с вала полумуфты различных диаметров. Раскрытие и фиксирование тяг (в соответствии с диаметрами снимаемых полумуфт) производят регулировочной гайкой 2, накрунутой на резьбу винта 1. Тяговое усилие, создаваемое ручным съемником, составляет 25—30 кН. Снятие полумуфт при помощи ручного съемника является трудоемкой операцией, требующей больших физических усилий, поэтому для демонтажа полумуфт, не поддающихся снятию этим съемником, а также полумуфт крупных машин применяют гидравлический съемник.

Гидравлический съемник (рис. 111,б) представляет собой установленную на колесах площадку 4 с двумя стойками 5, на которых вертикально перемещается гидравлический плунжерный насос 8. Чтобы снять полумуфту, устанавливают и укрепляют болтами на корпусе насоса траверсы 6, между которыми также болтами закрепляют захваты 7. Расстояние между захватами определяется диаметром стаскиваемой полумуфты.

Во избежание падения полумуфты, снятой с вала, ее до начала операций демонтажа подвешивают стропом на крюк тали или тельфера. Высоту подъема насоса регулируют так, чтобы центр упора совпадал с центром вала машины, а захваты прочно зацепляли полумуфту по горизонтали, проходящей через центр вала. После этого приводят в движение рукоятку 9 плунжерного насоса, создавая необходимое давление масла в его корпусе. Под давлением масла главный и боковые плунжеры съемника приходят в движение, при этом усилием боковых плунжеров обеспечивается надежный захват полумуфты, а усилием главного плунжера — удаление полумуфты с вала электри-

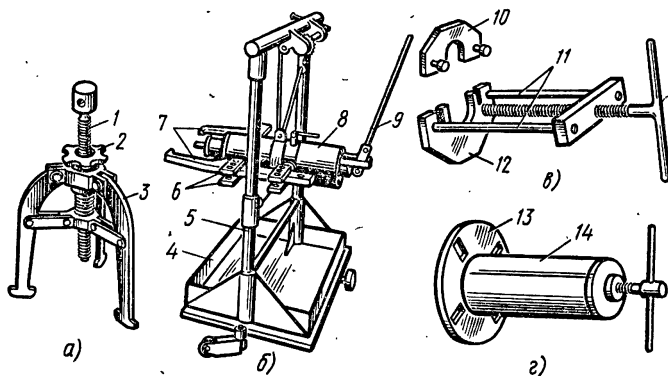


Рис. 111. Съемники для снятия (распрессовки) полумуфт и подшипников качения с валов электрических машин:

а — винтовой с регулируемым раскрытием тяг, *б* — гидравлический, *в* — для съема подшипников качения захватом за подшипник, *г* — для съема подшипников качения захватом болтами за крышки или капсулы подшипника; 1 — червячный винт с головкой, 2 — регулировочная гайка, 3 — тяги (захваты), 4 — площадка, 5 — стойка, 6 — траверсы, 7 — захваты, 8 — плунжерный насос, 9 — рукоятка штока насоса, 10 — пластинка со штифтами, 11 — шпильки, 12 — плита, 13 — диск, 14 — корпус съемника

ческой машины. При использовании гидравлического съемника выполняют операции демонтажа полумуфт в 5—6 раз быстрее, чем вручную винтовым съемником. Для снятия подшипников применяют съемники, показанные на рис. 111, *в*, *г*.

Полумуфты, шкивы и другие соединительные и передаточные детали нередко бывают посажены на вал настолько прочно (с натягом), что их съём может осуществляться только после предварительного нагрева, который производят газовыми горелками или паяльной лампой так, чтобы вал не успел сильно нагреться. Более совершенным способом является предварительный нагрев деталей, снимаемых с вала, токами повышенной частоты при помощи генератора и индуктора (рис. 112). Для предварительного нагрева используют генератор частотой 400—600 Гц и индуктор, состоящий из сердечника, набранного из листов холоднокатаной электротехнической стали толщиной 0,35—0,5 мм с насаженной на него катушкой, которая намотана проводом марки ПСД. Индуктор создает в нагреваемой стальной детали вихревые токи, которыми и нагревается деталь до требуемой температуры. Скорость и температура нагрева зависят от частоты тока и мощности генератора, а также от размеров и массы нагреваемой детали.

Необходимые технические характеристики генератора и индуктора, а также температуру нагрева снимаемых деталей

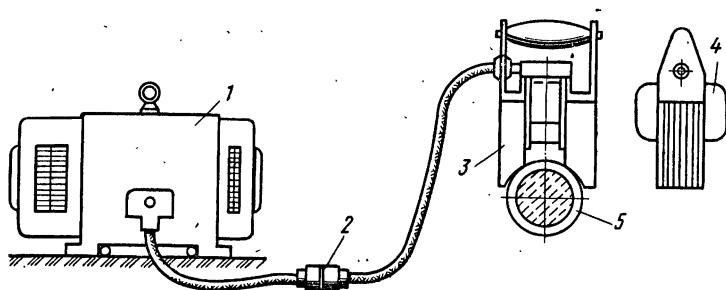


Рис. 112. Схема установки для нагрева деталей, снимаемых с вала, током повышенной частоты:

1 — генератор 10—12 кВт, 2 — магнитный пускатель, 3 — переносный индуктор, 4 — катушка индуктора, 5 — нагреваемая деталь

определяют расчетом или эмпирически, т. е. исходя из опыта. Практика ремонта электрических машин показала, что при достижении разности температуры нагрева между валом машины и снимаемой деталью 100—110 °С можно демонтировать детали без повреждений их самих и вала, на который они насажены.

Разборку асинхронных электрических машин мощностью до 100 кВт, выпускавшихся ранее единых серий А, АО, А2, АО2, а также выпускаемых в настоящее время А4 и близких к ним по конструкции машин других серий и исполнений, производят в такой последовательности:

снимают кожух наружного вентилятора и вентилятор (у электродвигателей закрытого обдуваемого исполнения АО, АО2 и др.);

отвертывают болты, которыми прикреплены к станине передний (расположенный со стороны, противоположной приводу) и задний (расположенный со стороны привода) щиты, а также болты, крепящие крышку подшипников, расположенную со стороны привода;

снимают задний щит легкими ударами молотка по наставке из дерева, алюминия или меди;

вынимают ротор из статора, для чего подают ротор в сторону переднего щита и выводят щит из замка. Затем, поддерживая ротор, выводят его из статора, стараясь не повредить лобовые части обмотки, вентилятор и другие детали;

снимают передний щит с подшипника ротора, насаженного на вал, легкими ударами молотка по наставке, предварительно отвернув болты, крепящие подшипниковую крышку; для электродвигателя с контактными кольцами (АК, АК2) предварительно снимают кожух контактных колец, вынимают щетки из щеткодержателей, отвертывают болты, крепящие корпус кожуха контактных колец, и снимают кожух;

снимают съемником подшипники качения с вала. У электродвигателей с фазным ротором предварительно снимают контактные кольца, для чего распаивают соединительные хомуты от выводных концов, отвертывают болты, крепящие отвододержатель (при его наличии), вынимают из канавки вала стопорное кольцо. Съем подшипников производят только при необходимости их замены.

При съеме подшипниковых щитов машин мощностью 50 кВт и выше щиты равномерно отводят отжимными болтами, пока они не выйдут из центрирующей заточки станины. Если по конструкции отжимные болты не предусмотрены, щиты снимают ручными или гидравлическими приспособлениями для съема.

После съема одного из подшипниковых щитов положение ротора по отношению к статору изменяется: ротор принимает наклонное положение (образуется перекус). Поэтому перед съемом щита крупных машин необходимо под конец вала установить домкрат или подвесить ротор за конец вала при помощи тали, заложить в нижнюю часть расточки подкладку из электрокартона и только после этого освободить конец вала от домкрата или тали.

Ответственной операцией является вывод ротора из расточки статора, поскольку задевание ротора за сердечник или обмотку статора может привести к серьезным повреждениям. Масса роторов отдельных машин достигает нескольких сотен килограммов, поэтому до начала вывода ротора подъемные приспособления необходимо проверить, а работу по выводу ротора выполнять при строгом соблюдении соответствующих правил безопасности труда.

Выемку роторов и якорей машин малой мощности производят вручную, без использования каких-либо приспособлений. Способы и приемы выемки роторов и якорей машин средней и большой мощности зависят от их конструкции, массы, а также от имеющихся в наличии подъемных приспособлений. Вывод ротора (якоря) из статора осуществляют одним из способов, показанных на рис. 113, а-г.

При общей разборке электрических машин постоянного тока серии П сначала снимают крышки с коробки зажимов и боковых сторон переднего подшипникового щита, отсоединяют проводники, связывающие щеткодержатели с катушкой добавочного полюса, и провода, соединяющие щеткодержатели с контактом в коробке зажимов, а затем вынимают щетки из гнезд щеткодержателей.

Для защиты от механических повреждений коллектор обматывают листом картона, закрепляемым на нем двумя бандажами из хлопчатобумажной ленты или шпагата. После этого отвертывают болты, крепящие подшипниковые щиты к станине, ввертывают отжимные болты в отверстия подшипниковых щитов и выводят бортики последних из расточек

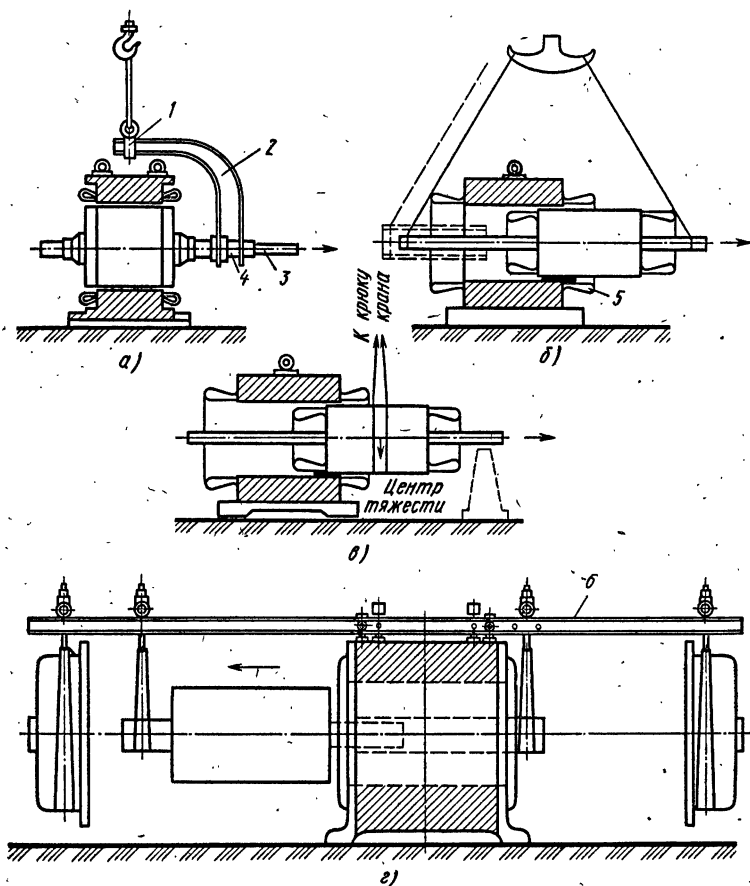


Рис. 113. Способы вывода ротора (якоря) из статора:

а — с помощью скобы, *б* — с удлинителем из толстостенной трубы, *в* — путем уравнивания массы ротора (якоря), *г* — специальным приспособлением, установленным на станине машины; 1 — серьга, 2 — скоба, 3 — хвостовик, 4 — ступица, 5 — прокладка из картона, б — швеллерная балка

станины, одновременно придерживая якорь за конец вала во избежание удара якоря о нижний полюс машины. Далее сдвигают подшипниковые щиты с шарикоподшипников, выдвигают якорь из станины в сторону свободного конца вала и вынимают якорь из станины.

При общей разборке синхронной электрической машины сначала отсоединяют провода, связывающие обмотку возбуждителя с щеточным аппаратом, отвертывают гайку стопорного

винта, скрепляющую подшипниковый щит с капсулой подшипника, и вывертывают винт на три-четыре оборота, а затем отвертывают болты, крепящие подшипниковый щит к станине, выводят отжимными болтами задний подшипниковый щит из расточки станины и снимают его с капсулы подшипника. После этого отвертывают болты, крепящие подшипниковый щит на стороне возбудителя к станине, и выводят его из расточки станины отжимными болтами, а затем опускают ротор на статор, предварительно подложив под опускаемый ротор лист картона. Далее сдвигают подшипниковый щит вместе с укрепленной на нем станиной возбудителя с капсулы подшипника и выводят ротор синхронной машины вместе с якорем возбудителя из статора.

Необходимость детальной разборки электрической машины определяется состоянием и потребностью ремонта ее деталей и сборочных единиц. При детальной разборке снимают подшипники качения, коллектор, контактные кольца и вентилятор, выпрессовывают вал ротора (якоря) и подшипники скольжения. Описание способов выполнения различных видов детальной разборки приведено ниже.

Снятие подшипников качения с вала осуществляется при помощи съемников (см. рис. 111, в, г). При съеме подшипника с вала следует принять меры предосторожности, исключающие повреждение самого подшипника и вала машины. У большинства электрических машин посадка подшипника на вал выполнена с натягом его внутреннего кольца, поэтому усилие при снятии подшипника должно прикладываться к торцу этого кольца. Подшипники, насаженные на вал с большим натягом и не поддающиеся съему ручными съемниками, демонтируют при помощи гидравлического съемника.

Съем коллектора с вала производят после отсоединения обмотки якоря от пластин коллектора. Тяги съемного устройства прикладывают только к его втулке или ее крепежным элементам.

Снятие контактных колец с вала фазного ротора осуществляют (после отсоединения от них выводов обмотки) при помощи съемников, показанных на рис. 111, а, б.

Снятие вентилятора с вала производят при необходимости ремонта или замены вентилятора, вала или обмотки. Снимают вентилятор обычными съемниками. При посадке втулки вентилятора с натягом ее предварительно подогревают.

Выпрессовку вала из сердечника ротора (якоря) выполняют при необходимости перешихтовки сердечника, ремонта или замены вала. Эта операция требует приложения больших усилий, поэтому осуществляется с помощью гидравлических прессов или домкратов. При выпрессовке вала (рис. 114) необходимо соблюдать следующие требования:

опорная поверхность пресса должна быть строго перпендикулярна к оси вала;

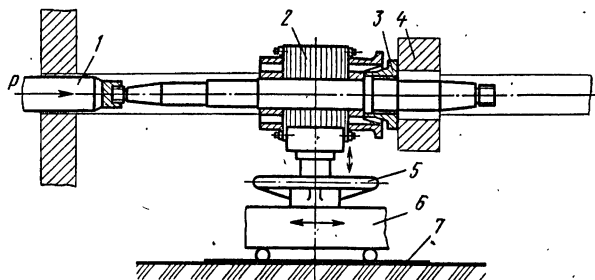


Рис. 114. Схема выпрессовки вала из сердечника ротора:

1 и 4 — шток и поперечина пресса, 2 — сердечник, 3 — опорная втулка, 5 — штурвал регулировки высоты вертикальной опоры, 6 — подвижная опора, 7 — рельс.

направление усилия выпрессовки, создаваемого прессом, должно быть совмещено с осью вала;

давление на сердечник с чугунными нажимными шайбами должно передаваться через сменную опорную втулку.

Выпрессовку подшипников скольжения из корпуса производят с помощью вертикального пресса в случае замены, а чаще всего при необходимости перезаливки вкладышей. Подшипники электрических машин небольшой мощности выпрессовывают ударами молотка по деревянной надставке, стараясь не повредить корпус подшипника.

При капитальном ремонте электрических машин постоянного тока нередко требуется демонтаж главных и добавочных полюсов, например при ремонте поврежденных катушек, замене изоляционных или крепежных деталей и других случаях. Перед снятием полюса следует отсоединить от него выводные концы и соединительные провода, а затем освободить от крепежных деталей, после чего снять его, соблюдая меры предосторожности, исключающие падение снимаемого полюса и повреждение обмоток снимаемого и соседних полюсов машины.

Подшипники качения и скольжения, вентилятор, вал и другие детали механической части машин очищают, промывают синтетическими моющими средствами и обтирают чистыми салфетками или ветошью. Детали промывают в переносной моечной машине (рис. 115), состоящей из тележки 1, в верхней части которой установлена ванна 3 с сеткой, а в нижней — бачок 7 с вмонтированным в него электронасосом 6. На боковой стенке ванны имеется полка 4, служащая для размещения на ней промываемых мелких деталей. Ванна закрыта крышкой 5; к дну ванны приварен патрубок 2, по которому загрязненная моющая жидкость сливается в бачок 7 с перегородками 8, образующими в нем отстойник грязи. Моющая жидкость подается из бачка 7 в ванну 3 с помощью электро-

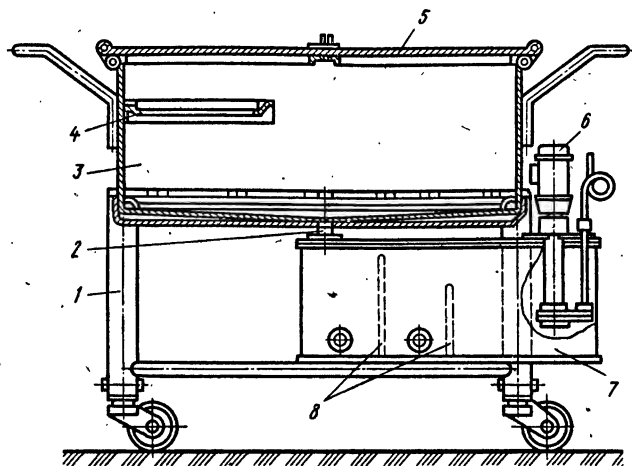


Рис. 115. Передвижная моечная машина ММД-120

насоса 6 и металлической трубы, заканчивающейся гибким шлангом из масло- и бензостойкой резины.

Детали электрической части машины тщательно очищают только от пыли, грязи и смазочного масла. При необходимости промывки обмоток их обдувают сжатым воздухом, обтирают, а затем промывают синтетическими моющими жидкостями, наносимыми на обмотку с помощью пульверизатора. Все очищенные и пригодные для повторного использования детали электрических машин маркируют и сохраняют, а неисправные отправляют в отделения электроремонтного цеха для ремонта, восстановления или изготовления новых деталей.

При выполнении работ по разборке электрической машины и очистке ее деталей следует строго соблюдать меры безопасности труда и пожарной безопасности. Надо пользоваться только проверенными тросами и исправными грузоподъемными устройствами, соответствующими массе поднимаемого груза. При работе с токсичными и легковоспламеняющимися моющими жидкостями необходимо принимать меры, исключающие отравление их парами и воспламенения при соприкосновении с открытым огнем. При разборке следует применять только исправные инструменты и механизмы.

§ 42. РЕМОНТ КОЛЛЕКТОРОВ, ЩЕТОЧНОГО АППАРАТА И КОНТАКТНЫХ КОЛЕЦ

Коллекторы. В процессе длительной работы у машин постоянного тока повреждается чаще всего коллектор: наруша-

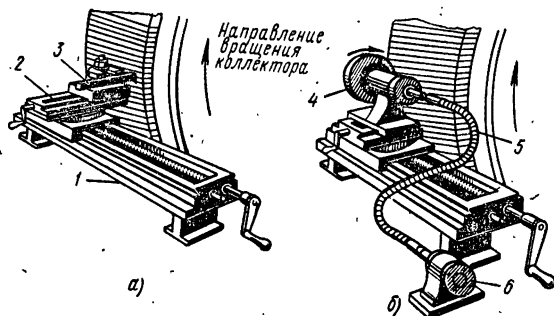


Рис. 116. Переносные приспособления для проточки (а) и шлифовки (б) коллектора при вращении якоря машины постоянного тока в собственных подшипниках:

1 — станина, 2 — суппорт, 3 — резец, 4 — карборундовый круг, 5 — гибкий вал, 6 — электродвигатель.

ется его геометрически правильная форма, происходят замыкания коллекторных пластин, выступает межпластинная изоляция над пластинами, изнашиваются и оплавляются пластины коллектора.

Нарушение геометрически правильной формы коллектора происходит чаще всего из-за неудовлетворительной эксплуатации машин и, главным образом, несвоевременного продороживания коллектора. Неисправность характеризуется образованием волнистости на рабочей поверхности коллектора вследствие неравномерного износа его пластин в продольном направлении и повышенным радиальным биением.

Чтобы устранить дефект, восстановить правильную геометрическую форму и создать требуемую шероховатость поверхности, коллектор обтачивают на токарном станке, а затем шлифуют и полируют. Для получения коллектора правильной геометрической формы следует тщательно выверить вал (при установке якоря на станке) по его шейкам предварительно рейсмасом, а затем индикатором. Обточку коллектора производят при минимальной подаче (не более 0,05 мм/об) резцами с пластинами из твердого сплава ВК-6 или ВК-8, со скоростью резания 1–1,5 м/с, не превышающей номинальной рабочей окружной скорости коллектора. При обточке следует снимать с коллектора столько металла, сколько необходимо для устранения дефекта.

По окончании обточки коллектор продороживают, а затем шлифуют и полируют. В ремонтной практике обточку и шлифовку производят с помощью переносных приспособлений (рис. 116, а, б) при вращении якоря машины в собственных подшипниках. Шлифовку коллектора выполняют при номинальной частоте вращения якоря. Полировку — с помощью деревян-

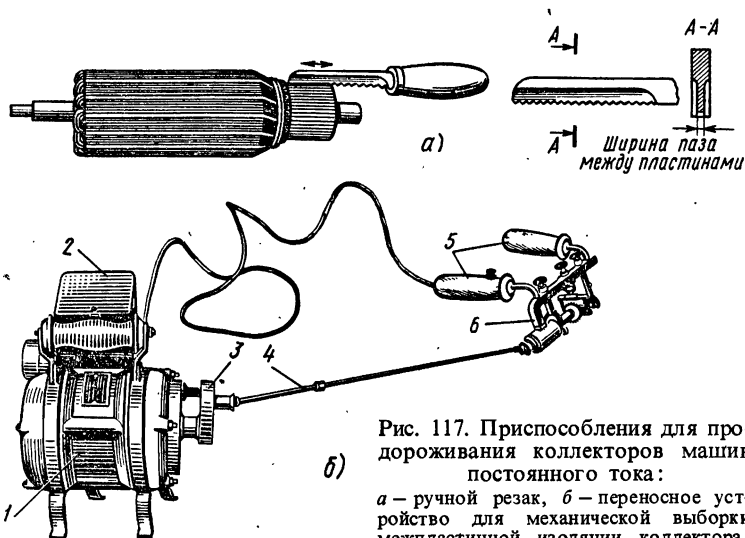


Рис. 117. Приспособления для продорозживания коллекторов машин постоянного тока:

а — ручной резак, *б* — переносное устройство для механической выборки межпластинной изоляции коллектора; 1 — электродвигатель, 2 — магнитный пускатель, 3 — редуктор, 4 — карданный вал, 5 — рукоятки, 6 — рабочая часть

ных брусков из несмолистых пород древесины (бук, клен), которые вставляют в щеткодержатели вместо щеток так, чтобы их волокна были расположены перпендикулярно к коллектору. Полировка способствует более быстрому образованию на поверхности коллектора оксидной пленки («политуры»), необходимой для хорошей коммутации.

Ремонт коллектора завершается продорозживанием, заключающимся в прорезании межпластинной миканитовой изоляции на глубину 0,5—1,5 мм в зависимости от размеров коллектора.

При небольшом числе ремонтируемых машин постоянного тока продорозживание коллекторов производят ручными резками (рис. 117, *а*) с вставленными в них отрезками ножовочного полотна, а на ремонтных предприятиях — с помощью специального переносного устройства ПМР-20К (рис. 117, *б*), состоящего из электродвигателя и рабочей части с фрезой. Электродвигатель 1 мощностью 0,25 кВт снабжен редуктором 3 с передаточным числом 1:3. Управление двигателем осуществляется магнитным пускателем 2, кнопка включения и отключения которого размещена в правой рукоятке 5 рабочей части 6. Рабочая часть снабжена метрической шкалой для установки дисковых фрез на размер и шаг коллекторных пластин, а также концентрическим зажимом, позволяющим регулировать глубину продорозживания. Прорезание изоляции осуществляется фрезой левого вращения и соответствующей толщины.

Продороживание выполняют следующим образом. Заземляют электродвигатель и подключают его к сети. Устанавливают при помощи каретки и подвижных опор необходимую глубину продороживания и шаг коллекторных пластин. После этого вручную продороживают первую прокладку между пластинами. Затем, взяв в руки рабочую часть приспособления, ставят направляющий нож в продороженную канавку, пускают двигатель и, направляя вращающуюся фрезу вдоль изоляционной прокладки между пластинами, продороживают ее. Нажимают кнопку и останавливают электродвигатель, устанавливают направляющий нож в только что выбранную фрезой дорожку и, повторяя операцию, выбирают фрезой следующую дорожку между пластинами коллектора.

Переносное устройство для продороживания изоляции коллектора широко используют в ремонтной практике, поскольку снижаются затраты труда на эту операцию в 6 раз по сравнению с выполнением вручную и намного повышается качество продороживания.

Приступая к работе по продороживанию, необходимо убедиться в правильности направления вращения фрезы (с помощью стрелки, прикрепленной на корпусе устройства) и прочности ее крепления. Работу по продороживанию выполняют в защитных очках, в одежде, рукава которой должны быть завязаны на запястьях рук.

По окончании продороживания края пластин обрабатывают напильником (снимают заусенцы) и скашивают под углом 45° , как показано на рис. 118. В ряде случаев у коллектора могут оказаться поврежденными пластины настолько сильно, что без их замены его дальнейшая работа невозможна. Наиболее частой причиной повреждения коллектора является возникновение на его поверхности множества электрических разрядов (электрических дуг), распространяющихся по поверхности и образующих «круговой огонь», что объясняется очень высоким (обычно более 20 В) напряжением между смежными пластинами коллектора. Интенсивность образования и перехода мелких электрических разрядов в круговой огонь зависит от параметров электрической машины и, в первую очередь, ее мощности, активного сопротивления и индуктивности секций, а также частоты вращения якоря.

У машин небольшой мощности образование кругового огня приводит к появлению следов почернения на поверхности коллектора, а у крупных машин — мощных коротких дуг, вызывающих частичное оплавление кромок смежных пластин и образование прожогов (кратеров) глубиной до 2 мм.

Техническими условиями Главэнергоремонта Минэнерго СССР на ремонт электрических машин постоянного тока допускается замена до пяти пластин коллектора ремонтируемой машины. Замену поврежденных пластин производят при помощи специальных приспособлений с соблюдением мер,

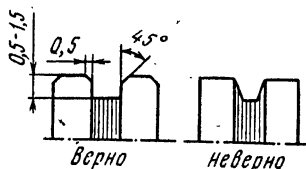
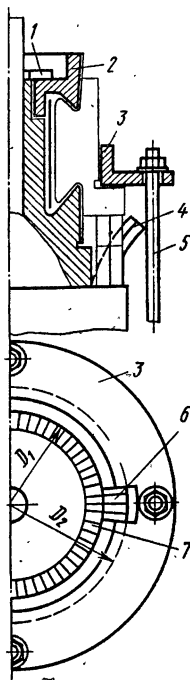


Рис. 118. Обработка пластин и выборка межпластинной изоляции при продороживании коллектора

Рис. 119. Замена поврежденных пластин коллектора при помощи специального приспособления:

1 — гайка, 2 — шайба, 3 — диск, 4 — отпаянные провода, 5 — стяжная шпилька, 6 — вырез для удаления пластин, 7 — пластины коллектора; D_1 и D_2 — диаметры коллектора и петушков



обеспечивающих сохранение монолитности и геометрической формы коллектора.

Поврежденные пластины заменяют с помощью приспособления (рис. 119) следующим образом. Снимают бандаж, отпаявают провода обмотки якоря от петушков и отгибают их так, чтобы они не мешали дальнейшим операциям ремонта. Устанавливают ремонтный диск 3 приспособления, имеющий специальный вырез 6, размер которого равен размеру рядом находящихся и подлежащих замене пластин; диск устанавливают и закрепляют стяжными шпильками 5, чтобы его вырез оказался напротив заменяемых пластин. Далее снимают нажимное кольцо (шайбу 2) и миканитовую манжету* коллектора и при помощи зубила и молотка сдвигают пластину вдоль оси коллектора до выхода ее «ласточкина хвоста» из конусного выступа втулки, а затем перемещают пластину в радиальном направлении и извлекают ее из коллектора. Новые пластины должны быть изготовлены из тех же материалов

* Для облегчения снятия миканитовой манжеты коллектор нагревают до 70–80 °С.

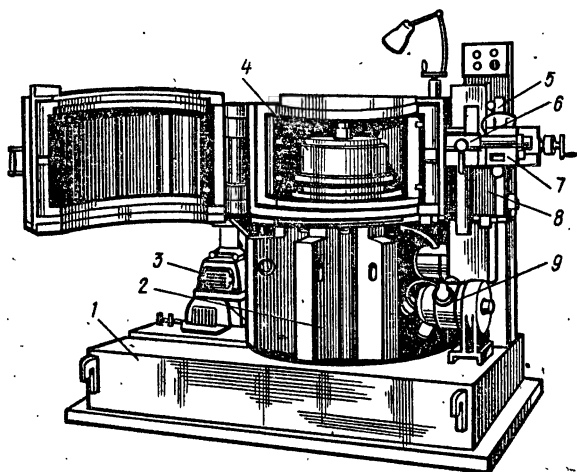


Рис. 120. Станок для динамической формовки коллекторов:

1 — станина, 2 и 3 — опорная колонна и привод шпинделя, 4 — нагревательная камера, 5 — ходовой винт, 6 — поворотная головка, 7 — каретка, 8 — механизм суппорта проточки, 9 — пылесосное устройство

и иметь такой же профиль и размеры, как и заменяемые поврежденные пластины. Их предварительно собирают и спрессовывают с миканитовой изоляцией и между собой, а затем устанавливают в коллекторе.

Сборку коллектора производят в последовательности, обратной разборке. После ремонта с заменой одной или нескольких пластин коллектор формируют. На хорошо оснащенных оборудовании крупных электроремонтных заводах для динамической формовки коллекторов применяют специальные станки (рис. 120).

Станок состоит из станины 1, размещенных на ней опорной колонны 2 шпинделя, привода 3 шпинделя, нагревательной камеры 4, механизма 8 суппорта проточки и пылесосного устройства 9.

Нагревательная камера 4 состоит из двух шарнирно соединенных частей, одна из которых неподвижна, а другая открывается при установке и снятии коллектора. Нагревается камера с помощью трубчатых электронагревателей, размещенных между внутренней и наружной стенками и изолированных от них теплозащитной изоляцией. Заданная температура в камере поддерживается автоматически терморегулятором. Пылесосное устройство служит для удаления медной и миканитовой стружки.

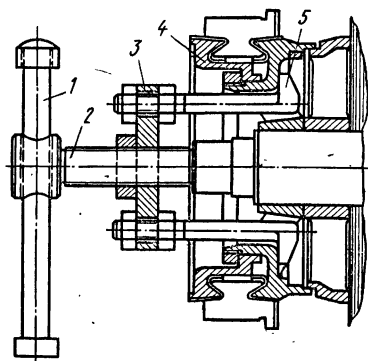


Рис. 121. Приспособление для снятия коллектора с вала якоря:

1 — вороток, 2 — винт, 3 — диск, 4 — коллектор, 5 — крюк

Коллектор, подлежащий разгону, устанавливают на шпindel и закрепляют гайкой. Шпindel приводится во вращение электродвигателем через клиноременную передачу.

Суппорт, предназначенный для проточки контрольного пояса, имеет две рабочие подачи: продольную — вертикальное перемещение по направляющим стойки при помощи ходового винта 5 и поперечную — горизонтальное перемещение по направляющим каретки 7. На каретке установлена поворотная головка 6, имеющая два держа-

теля: один — для закрепления резца для проточки пояса, другой — для бесконтактного датчика установки контроля геометрической формы коллектора (на рисунке не показан). Суппорт при проточке пояса перемещают вручную с помощью винтовой подачи, при этом резец врезается в коллектор на определенную глубину. Продольную подачу суппорта с резцом получает от электродвигателя через редуктор, коническую пару шестерен, червячную передачу и ходовой винт. Он имеет ускоренное продольное перемещение, осуществляемое с помощью обгонной муфты, получающей вращение от первой ступени редуктора при включении электромагнитной муфты.

При использовании станка обеспечиваются высокое качество формовки коллектора и эксплуатационная надежность работы электрической машины.

При большом числе поврежденных пластин коллектор снимают с вала при помощи приспособления (рис. 121), предварительно отсоединив концы обмотки якоря от пластин или петушков. Чтобы снять коллектор, вводят в вентиляционные каналы коллектора 4 шесть крючков 5 и поворачивают их на 90°, чтобы они захватывали корпус коллектора. Концы крючков вставлены в отверстия диска 3. В центре диска нарезана резьба для винта 2. Вращая винт воротком 1, стягивают коллектор с вала якоря. Взамен снятого устанавливают новый коллектор заводского изготовления. Замена подлежат также коллекторы, износ пластин которых по толщине составляет: при диаметре коллектора до 100 мм — 2,5; 150 — 200 мм — 3,5; 250 — 500 мм — 5 мм.

Щеточный аппарат. Этот аппарат электрической машины состоит из щеткодержателей со щетками и щеточных пальцев,

собранных на поворотной траверсе. В коллекторных машинах применяют в основном два вида щеткодержателей: радиальные и реактивные (наклонные).

Радиальные щеткодержатели (см. рис. 107, б) характерны тем, что ось щетки направлена по радиусу коллектора. Давление на щетку 5 создается пружиной 3 и передается через рычаг 2 и пружину 8, которая служит буфером. Верхний конец пружины 8 шарнирно соединен с рычагом 2, в нижний ее конец ввернут на резьбе фарфоровый наконечник 7, который вставляют в углубление, просверленное в щетке 5.

Фарфоровый наконечник препятствует переходу тока через стальную пружину, что могло бы вызвать ее нагрев и нарушить упругость вследствие отпуска стали. Щетка вставлена в обойму 6, которая отлита из латуни и прикреплена к корпусу 4 щеткодержателя, представляющему собой штампованную коробочку из листовой стали. Конец щеточного пальца закрепляют в хомутике траверсы.

Радиальные щеткодержатели применяют в реверсивных электрических машинах, где якорь вращается с переменной направлением вращения. В электрических машинах, вращающихся постоянно в одном направлении, используют реактивные (наклонные) щеткодержатели (см. рис. 107, в), у которых щетка наклонена по отношению к радиусу коллектора по его ходу. При этом щетка 11 прижимается к стенке 12 обоймы пружинной 15, которая регулируется храповиком 13, запираемым пружинным штифтом 10, и не опрокидывается. Конец пружины 15 согнут в колечко 14 и играет роль нажимного рычага. Ток от щетки отводится по гибкому проводу, сплетенному из тонких медных нитей, к пальцу щеткодержателя. Щеткодержатель надевается на палец щеточного устройства и удерживается на нем разрезным хомутиком 9. Этот щеткодержатель называется реактивным, поскольку щетка находится под действием реакций двух сил.

В синхронных и асинхронных электрических машинах применяют щеткодержатели зажимного типа, у которых щетки не скользят в обойме, а зажаты в корпусе щеткодержателя и при износе опускаются вместе с ним. Корпус щеткодержателя может быть выполнен из штампованных деталей без механической обработки.

Обычно щеткодержатели зажимного типа (рис. 122) выполняют сдвоенными — на одном пальце 1 над каждым контактным кольцом располагаются две щетки 5. Каждая щетка стопорным винтом 4 зажата в корпусе 3 щеткодержателя и прижимается к контактному кольцу пружинной 6. Корпуса щеткодержателей шарнирно соединены с хомутиком 2. По мере износа щеток и контактных колец величина нажатия щетки на контактное кольцо не изменяется, поскольку с уменьшением длины плеча пружины увеличивается сила нажатия пружины.

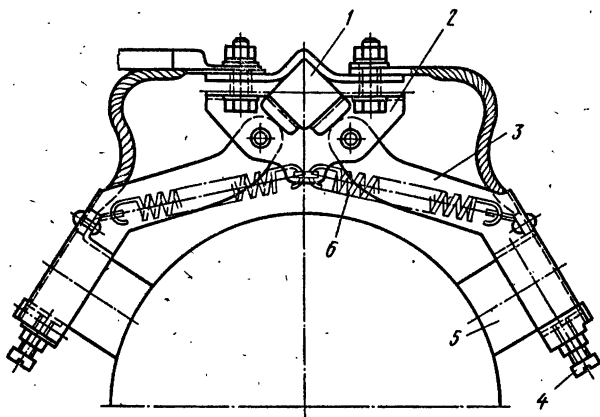


Рис. 122. Щеткодержатель зажимного типа синхронных и асинхронных машин

В машинах постоянного тока из-за ограничения величины перекрытия коллекторных пластин щетки располагают узкой стороной вдоль окружности коллектора. В асинхронных машинах щетки узкой стороной направляют вдоль контактных колец, благодаря чему уменьшают их ширину. В машинах постоянного тока щеткодержатели одинаковой полярности укреплены на неизолированном металлическом пальце, а в асинхронных машинах щеткодержатели контактных колец, относящихся к разным фазам, — на изолированном пальце.

При ремонте электрических машин наиболее часто встречаются такие неисправности щеткодержателя, как ослабление пружин, оплавление или механические повреждения.

Ослабление пружин щеткодержателя, следовательно, снижение нажатия на щетку устраняют регулировкой пружин, а при отсутствии такой возможности — заменой дефектной пружины новой заводского изготовления. Величину нажатия пружины щеткодержателя после регулировки или замены проверяют самым доступным способом, показанным на рис. 123. Величина нажатия щеток зависит от их марки, конструкции машины и др.

Величину нажатия щеток 3 на коллектор 1 определяют так: подкладывают под щетку на коллектор полоску бумаги (или фольги), затем одновременно тянут одной рукой за шнурок, привязанный к крючку динамометра, а другой — за бумагу и замечают показание динамометра в момент, когда бумагу можно легко вытянуть из-под щетки. Удельное нажатие определяется как частное от деления величины, показанной динамометром в граммах, на поперечное сечение щетки в

квадратных сантиметрах. Отклонения в усилии нажатия отдельных щеток одного полюса машины постоянного тока не должны превышать 10%. Все щетки, устанавливаемые на отремонтированной машине, должны быть одной марки. Марки щеток подбирают в соответствии с указаниями завода-изготовителя, так как каждый тип машины выпускается заводом со строго подобранными марками щеток. При подборе щеток учитывают плотность тока под ними, окружную скорость коллектора или контактных колец, род тока и напряжение, мощность электродвигателя и режим его работы.

Правильный подбор удельного нажатия и марки щеток способствует улучшению контакта между щетками и коллектором, однако этого недостаточно для создания надежного и хорошего контакта. Необходимо, чтобы контактные поверхности щеток были тщательно притерты (пришлифованы) к поверхности коллектора. Для этого устанавливают щетку 3

(см. рис. 123) в держатель 2, а затем, приподняв ее, накладывают полоску стеклянной бумаги на поверхность коллектора 1 (абразивной поверхностью к щетке) и опускают щетку. Для шлифовки щеток применяют только мелкозернистую стеклянную бумагу № 00. Прижимая бумагу к поверхности коллектора и держа за концы, протягивают ее от одного крайнего положения до другого до тех пор, пока щетка не притрется. Притерев каждую щетку, таким же способом притирают одновременно группу щеток одного щеточного пальца или одной полярности.

Обоймы и другие детали щеткодержателя оплавляются из-за сильного искрения и реже от образования кругового огня. При легком оплавлении щеткодержатель очищают от копоти, грязи и нагара, а при сильном — заменяют новым. Механические повреждения щеткодержателя (заусенцы, вмятины, выгибы) устраняют опилкой и правкой. Повреждением, часто встречающимся в щеткодержателях, является электрическая коррозия внутренней поверхности обоймы в результате нарушения прохождения тока с щетки на обойму. Неисправность устраняют подтяжкой контактов в цепи тока, сильно коррозированную обойму заменяют.

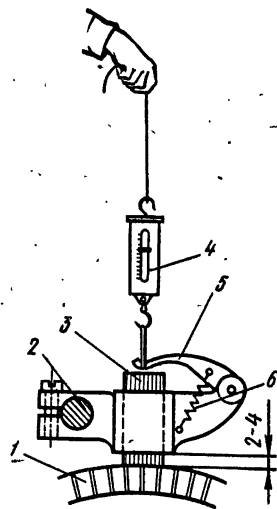


Рис. 123. Проверка величины нажатия пружины щеткодержателя:

1 — коллектор, 2 — щеткодержатель, 3 — щетка, 4 — динамометр, 5 — нажимной палец, б — пружина.

Окончив ремонт щеткодержателей и притирку щеток машин постоянного тока, проверяют правильность сборки и расстановку щеткодержателей по отношению к коллектору. Эту работу выполняют очень тщательно, так как малейшее изменение порядка расстановки щеткодержателей или несоблюдение расстояний от щеткодержателей до коллектора может привести к нарушению нормальной работы машины и повышенному износу коллектора и щеток. Правильной является такая расстановка щеток, при которой щетки равномерно расположены на рабочей поверхности коллектора.

При расстановке щеток учитывают, что износ коллектора под щетками разной полярности неодинаков. Поэтому щеткодержатели располагают так, чтобы щетки двух соседних болтов разной полярности работали по одному щеточному следу, а следующей пары болтов — по другому следу, т. е. в промежутках между щеточными следами первой пары болтов. Устанавливая щеткодержатели, следят, чтобы расстояние от обоймы до поверхности коллектора было 2—4 мм. Для свободного передвижения щеток в обоях между ними должен быть зазор 0,1—0,4 мм в направлении вращения и 0,2—0,5 мм — в направлении оси коллектора.

Контактные кольца. В асинхронных двигателях с фазным ротором применяют два вида контактных колец: с короткозамыкающим устройством и без короткозамыкающего устройства (с постоянно налегающими щетками на контактные кольца). Электродвигатели с короткозамыкающим устройством использовались в электродвигателях, выпускавшихся до 1940 г. Такие двигатели в небольшом количестве все еще эксплуатируются и поступают в ремонт. Электродвигатели с фазными роторами более поздних выпусков короткозамыкающих устройств не имеют.

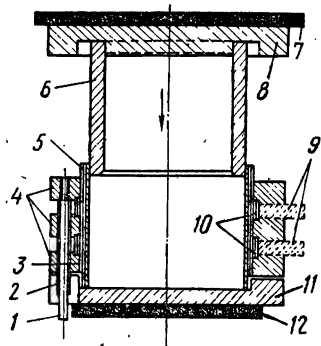
У контактных колец фазных роторов часто повреждаются рабочая поверхность и изоляция между кольцами или между кольцом и валом. Неравномерную выработку контактного кольца устраняют проточкой на токарном станке или при помощи приспособления (см. рис. 116, а).

При легких повреждениях поверхности контактных колец (подгаре, царапинах и других) их шлифуют стеклянной шкуркой или с помощью приспособления (см. рис. 116, б).

Нарушенную изоляцию между контактными кольцами восстанавливают, зачищая, промывая и затем окрашивая поврежденное место изоляционной эмалью ГФ-92ХС или ГФ-92ГС. При предельном износе приходится изготавливать новые кольца и напрессовывать их на вал ротора. Кольца для электрических машин нормального исполнения изготавливают из стали, чугуна или латуни Л68. Существует несколько способов прессовки контактных колец, но для асинхронных машин мощностью до 100 кВт с фазным ротором чаще других применяют способ холодной прессовки колец на втулку (рис. 124).

Рис. 124. Посадка контактных колец на втулку холодной прессовкой:

1 и 4 — контактные шпильки и кольца, 2 — изоляция контактной шпильки, 3 — разрезная стальная гильза, 5 — изоляция стальной разрезной гильзы, 6 — стальная втулка, 7 и 12 — верхний и нижний столы пресса, 8 и 11 — верхний и нижний диски, 9 — дистанционные клинья, 10 — электрокартонные прокладки под дистанционными клиньями



Основные операции сборки и прессовки колец выполняют в такой последовательности:

собирают комплект колец, продев контактные шпильки 1 в отверстия колец 4;

вставляют в промежутки между кольцами равномерно по окружности по три стальных дистанционных клина 9, чтобы кольца не смещались при прессовке;

устанавливают комплект колец на нижний (подставной) диск 11 и вкладывают в отверстия колец изоляцию 5, состоящую из полосок пропитанного электрокартона толщиной 0,4 мм и миканита или лакоткани; изоляцию распределяют так, чтобы она равномерно располагалась по внутренней окружности колец;

вставляют внутрь колец разрезанную гильзу 3 из стали толщиной 1,5 мм, предохраняющую изоляцию от повреждения при прессовке, а затем в эту гильзу — стальную втулку 6 и накрывают ее верхним (нажимным) диском 8;

устанавливают весь собранный комплект колец на нижний стол 12 пресса и запрессовывают втулку 6 в гильзу 3, после чего выбивают дистанционные клинья из межкольцевых промежутков;

сушат комплект запрессованных колец в печи в течение 6—8 ч при 110—115 °С, затем пропитывают изоляционным лаком и вновь сушат 10—12 ч при 120 °С;

охлаждают комплект колец до 80—90 °С и, установив втулку на конец вала ротора, насаживают на вал давлением пресса; при насадке втулки с комплектом колец на вал следят, чтобы контактные шпильки 1 пришлись против выводных концов обмотки;

протачивают поверхности колец на токарном станке, устраняя неровности и биение, затем их шлифуют и полируют;

проверяют индикатором величину биения колец (не должно быть более 0,04 мм).

Сердечники. Важнейшими частями электрических машин являются сердечники. Листы пакетов сердечников изготовляют из специальной электротехнической стали, обладающей благодаря присадке кремния низкими удельными потерями.

Для уменьшения потерь на вихревые токи пакеты сердечников статоров, роторов и якорей набирают из отдельных изолированных листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм. Сердечники являются магнитопроводами, в их пазах размещают и укрепляют обмотки.

При длительной работе электрических машин возникают чаще всего следующие неисправности сердечников: ослабление прессовки пакетов и посадки пакетов стали на валу; распушение крайних (торцевых) пакетов стали (образование «веера»); оплавление отдельных участков стали и нарушение межлистовой изоляции. Эти неисправности устраняют путем ремонта.

Ослабление прессовки пакетов преимущественно происходит в сердечниках электрических машин старых конструкций, у которых листы стали изолированы тонкой (папиросной) бумагой.

При чрезмерном нагревании сердечника с бумажной межлистовой изоляцией бумага обугливается и выпадает, в результате чего не только нарушается изоляция между листами, но и ослабляется прессовка сердечника.

Активная сталь сердечника должна быть спрессована настолько плотно, чтобы исключалась возможность даже самого незначительного перемещения одного листа по отношению к другому.

При разборке машины перед ремонтом и осмотре состояния активной стали ослабленная прессовка выявляется наличием ржавых пятен на ее поверхности. Такое ржавление распространяется только на участки с пониженной прессовкой и является результатом так называемой контактной коррозии, которой подвергаются поверхности стальных листов и деталей, перемещающихся одна относительно другой.

Ослабление прессовки вызывает специфический шум, а иногда и вибрацию машины. Вибрация машины и отдельных листов сердечника приводит к разрушению межлистовой изоляции и поломке незажатых стальных листов, смежных с вентиляционными каналами. Отломанные части зубцов могут повредить изоляцию и активную сталь статора. Значительная вибрация стали в зубцовой зоне представляет особую опасность для изоляции обмотки ротора и статора, поскольку может вызвать истирание ее в местах, прилегающих к вибрирующим участкам.

Чрезмерная прессовка сердечника также нежелательна, так как при этом возрастают механические напряжения в крепеж-

ных деталях и устройствах, что может вызвать их деформацию и поломку.

Степень прессовки определяют (приблизленно) при помощи контрольного ножа с лезвием толщиной 0,1–0,2 мм. При удовлетворительной запрессовке стали лезвие ножа при сильном нажатии рукой не должно входить между листами более чем на 1–3 мм.

Ослабление прессовки чаще всего наблюдается в зубцовой зоне роторов и статоров, поэтому достаточно в места с ослабленной прессовкой плотно забить текстолитовые или гетинаксовые уплотняющие клинья, размеры которых соответствуют размерам зубца. При забивке клинья заглубляют на 2–3 мм ниже поверхности стали. Во избежание выпадания клинья предварительно покрывают клеящим лаком или клеем БФ-2 и отгибают на них края смежных листов стали. После забивки уплотняющих клиньев соответствующий участок сердечника покрывают масляно-битумным лаком БТ-99 воздушной сушки.

Прессовка листов может быть ослаблена не только на отдельных участках, но и всего сердечника ротора или якоря. В этом случае удаляют нажимную плиту сердечника, удерживаемую сваркой или закладными шпонками, устанавливают в торце сердечника листы текстолита или асбеста, вырезанные по форме листов стали, вновь накладывают нажимную шайбу, прессуют сердечник и закрепляют шайбу.

Ремонт торцевых пакетов роторов и якорей, зубцы которых расходятся, как «веер», производят преимущественно установкой дополнительной шайбы с зубцами (рис. 125, а).

При повреждении обмоток, а также при попадании в расточку посторонних металлических предметов нередко оказываются оплавленными небольшие участки активной стали сердечника. Повреждение устраняют путем ремонта, при котором вырубают участок поврежденных оплавлением листов стали так, чтобы не было сплавленных между собой листов, а затем вливают в образовавшуюся щель лак БТ-99, закладывают между листами пластинки из слюды толщиной 0,05 мм и покрывают лаком БТ-99.

Если зона повреждения значительна, вырубленные зубцы заменяют заполнителем из стеклотекстолита (рис. 125, б). Заполнитель промазывают клеящим лаком БФ-2 и тщательно подгоняют по месту, чтобы он плотно лежал между обмоткой и сталью. Специального крепления заполнителя не требуется, поскольку его форма препятствует выпаданию из сердечника. Кроме того, пазовые клинья создают дополнительное крепление заполнителя.

При ремонте сердечников роторов (якорей) установкой текстолитовых или гетинаксовых заполнителей взамен вырубленных зубцов допустима, если окружная скорость сердечника не превышает 20 м/с. При окружной скорости сердечника более 20 м/с

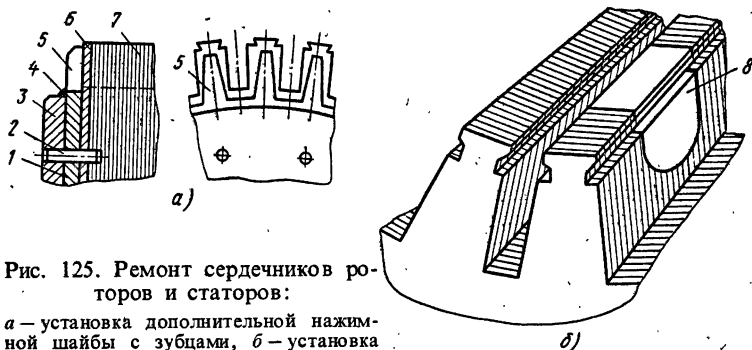


Рис. 125. Ремонт сердечников роторов и статоров:

а — установка дополнительной нажимной шайбы с зубцами, *б* — установка заполнителя взамен вырубленного зуба сердечника; 1 — дополнительная нажимная шайба, 2 — стальной штифт, 3 — основная нажимная плита, 4 — сварочный шов, 5 — зубец дополнительной шайбы, 6 — утолщенный лист, 7 — листы сердечника, 8 — заполнитель

текстолитовый заполнитель может выпасть и повредить обмотку, поэтому заполнитель подгоняют по месту особо тщательно и по его краям делают выступы, заходящие в вентиляционные каналы под соседние пазы. Таким образом, заполнитель дополнительно удерживается обмоткой, расположенной в соседних пазах.

При выплавлении большого объема стали в нескольких пакетах неисправность устраняют полной перешихтовкой активной стали. Полную перешихтовку сердечников производят не только при выплавлении большого объема стали, но и при разрушении межлистовой изоляции вследствие ее естественного старения при длительной эксплуатации, сопровождающейся частыми перегревами электрической машины.

Перешихтовка сердечника состоит из основных операций: расшихтовки, переизолировки листов активной стали, шихтовки, прессовки и испытания сердечника.

На ремонтных предприятиях перешихтовку сердечников производят крайне редко и только в виде исключения, поскольку затраты труда и времени на эти работы, а соответственно и стоимость в 3—4 раза превосходят затраты при изготовлении нового сердечника. Если перешихтовку все же выполняют, то перешихтованные сердечники обязательно испытывают на нагрев активной стали и отсутствие замыкания между листами. При этом определяют удельные потери в активной стали от вихревых токов и перемагничивания, что позволяет судить также о состоянии межлистовой изоляции.

Испытание перешихтованных сердечников статоров производят по схеме (рис. 126), состоящей из намагничивающей 1 и контрольной 2 обмоток, включенных в схему измерительных приборов класса 0,5 следующим образом. Накладывают намаг-

ничающую обмотку равномерно по окружности сердечника и пропускают через нее электрический ток частотой 50 Гц. Доводят магнитную индукцию в спинке сердечника до 1 Тл или близкой к ней величине, наблюдая при этом (по приборам, включенным в контрольную обмотку) за параметрами испытания.

Намагничивающую обмотку рекомендуется питать линейным (а не фазным) напряжением, что будет обеспечивать форму кривой напряжения, наиболее близкую к синусоидальной. При включении напряжения для питания намагничивающей обмотки сердечник и схема питания будут находиться под напряжением, поэтому прикасаться к ним нельзя во избежание поражения электрическим током.

До начала испытания должны быть приняты необходимые меры безопасности и, в частности, надежно огорожено место испытания.

Валы. Повреждение валов — явление довольно частое в практике эксплуатации электрических машин. Повреждаются преимущественно валы электрических машин, работающих часто при недопустимых перегрузках. Причинами повреждений валов могут быть повышенная вибрация машины, вызванная нарушением соосности ее вала с валом приводимого в движение агрегата, проседание вала вследствие износа слоя баббита в подшипниках скольжения и др.

Для валов электрических машин наиболее характерны следующие виды повреждений: износ посадочных поверхностей шеек валов, искривление и поломка.

Повреждения посадочных поверхностей валов под сопряженными деталями (вмятины, забоины, задиры) составляют свыше 50% общего числа повреждений валов ремонтируемых электрических машин. Эти повреждения возникают из-за частых съемов и посадок различных деталей и делают вал непригодным для нормальной посадки на его посадочной поверхности многих передаточных и соединительных деталей, в первую очередь подшипников и полумуфт.

Дефекты на посадочных поверхностях вызывают нарушение концентричности и перпендикулярности посадки насаживаемых деталей, что приводит к появлению биения, вибрации двигателя, быстрому износу посадочных поверхностей под под-

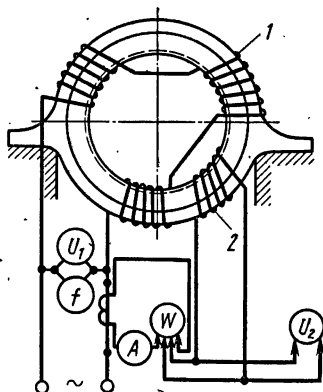


Рис. 126. Схема испытания активной стали перешихтованного сердечника

шипники качения и резкому сокращению срока их службы. Поэтому дефекты валов надо устранять своевременно, при первом же ремонте электрической машины. Для устранения дефектов посадочных поверхностей валов применяют шлифовку, электронаплавку металла и металлзацию.

Если общая площадь вмятин, забоин и задиrow не превышает 20% посадочной поверхности, целесообразно выступающие места — сошлифовать на шлифовальном или токарном станке (шлифовальным прибором) или аккуратно сточить острым резцом, а затем зашлифовать шлифовальной шкуркой.

При площади вмятин, забоин или задиrow более 20% посадочной поверхности снятие выступающих мест нецелесообразно из-за сильного уменьшения площади посадки. В этом случае применяют: переточку вала на меньший диаметр, электронаплавку слоя металла с последующей обработкой его до требуемого размера на токарном станке или наращивание на дефектной поверхности слоя металла посредством металлзации с последующей обработкой.

Ремонт поврежденных посадочных поверхностей вала путем переточки его на меньший диаметр является наиболее простым. Но этот способ вызывает ряд нежелательных последствий, в том числе уменьшение прочности вала, необходимость изменения размеров посадочных поверхностей у вала и у насаживаемых на него деталей, невозможность подгона диаметра вала под стандартный размер. Последнее важно с точки зрения унификации размеров валов и сопрягаемых с ними деталей. Диаметр цилиндрического конца вала допустимо уменьшать на 4—6% первоначального диаметра с наиболее нагруженной стороны и до 7—10% на малонагруженных участках (со стороны коллектора, контактных колец). Однако при уменьшении диаметра вала на 5% снижается его прочность на 15%, а при уменьшении диаметра на 10% — почти на 30%.

Наиболее эффективными способами ремонта поврежденных посадочных поверхностей валов являются электронаплавка металла или его нанесение путем металлзации. Электронаплавку металла производят с соблюдением следующих условий:

каждый наплавляемый шов металла наносят на диаметрально противоположных сторонах вала, что позволяет избежать местных перегревов и деформации вала;

перед наплавкой каждого последующего слоя тщательно оббивают предыдущий наплавленный слой и очищают его стальной щеткой от шлака и окалины;

по окончании электронаплавки металла плавно изменяют структуру основного металла вала и уменьшают внутренние напряжения, для чего швы металла последнего слоя наплавляют на 40—50 мм длиннее общей наплавленной поверхности, чередуя короткие и длинные швы через каждые 20 мм. Удлиненные

(выравнивающие швы) срезают при обработке наплавленного слоя на токарном станке. Внутреннее напряжение в основном металле вала может быть снято и путем термообработки.

Процесс ремонта поврежденных посадочных поверхностей металлизацией аналогичен описанному выше способу ремонта электронаплавкой металла.

Искривление и поломка валов чаще всего происходят у реверсивных машин и электродвигателей с короткозамкнутым ротором. Это объясняется большими нагрузками, воспринимаемыми валом в момент резкого изменения направления вращения ротора (якоря) и во время пуска короткозамкнутого электродвигателя при загруженном агрегате, приводимом в движение этим электродвигателем.

Затраты на изготовление нового вала для электрических машин мощностью до 100 кВт сравнительно невелики, сложными и дорогими являются операции выпрессовки поврежденного и запрессовки нового вала.

Искривляются (деформируются) чаще всего валы электрических машин мощностью до 60 кВт с частотой вращения 1500—3000 об/мин. Правку искривленного вала производят при помощи валоправочного станда ВС-450 (рис. 127), состоящего из двух центров 1, двух опор 2 и гидравлического пресса (гидропресса) 3, установленного на станине 4 и приводимого в действие ручным гидронасосом 5.

Правку вала в валоправочном станде производят так. Укладывают вал на опоры 2, затем, поворачивая ротор (якорь) вокруг своей оси на 360° , находят с помощью индикатора наиболее выпуклую сторону сердечника или вала, если он выпрессован из сердечника, и устанавливают его этой стороной против штока пресса. Далее, надавливая штоком на сердечник, выпрямляют вал, периодически замеряя индикатором величину прогиба. Правку осуществляют в несколько приемов. Слабо искривленный вал можно выправить с точностью до 0,05 мм на 1000 мм его длины. Правка валов значительно облегчается при отсутствии насаженных деталей.

У электрических машин старых конструкций валы ломаются довольно часто, поскольку при их расчете, изготовлении и ремонте не всегда учитывали явления усталости металла. Причиной поломки являлись также безрадиусные переходы от одного диаметра вала к другому.

Поломка вала чаще всего происходит на той его ступени, на которую насаживают шкив или муфту. Сломанный вал восстанавливают приваркой надставки или напрессовкой отломившейся части вала. При ремонте вала приваркой надставки поступают следующим образом. Изготавливают надставку, соответствующую по своим размерам отломанной части вала, но с небольшим (2—3 мм) припуском на сторону под следующую обработку после сварки. Привариваемые концы вала и надставки предварительно обрабатывают на конус.

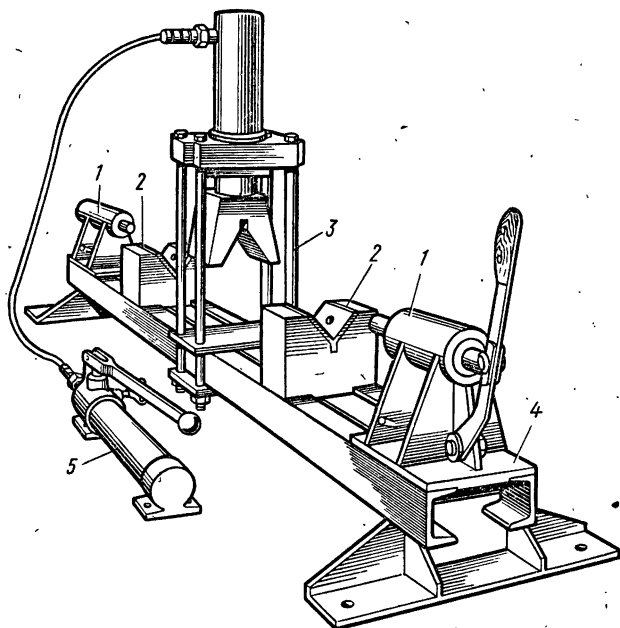


Рис. 127. Валоуправочный стенд ВС-450:

1 — центры, 2 — опоры, 3 — гидропресс, 4 — станина, 5 — ручной гидронасос

Приваривать надставку нужно с соблюдением ранее указанных условий электронаплавки металла на вал. Во избежание коробления участка сварки следует охлаждать предельно медленно (примерно от 30 до 90 мин в зависимости от диаметра вала и температуры окружающей среды).

Ремонт поломанного вала напрессовкой надставки (рис. 128) называют также способом протезирования и применяют из-за его большой сложности только при поломке валов диаметром 40 мм и более и в случаях, когда другие способы устранения дефекта неприменимы.

Восстанавливают вал так. Изготавливают из конструкционной стали надставку («протез») с припуском 2–3 мм на сторону под последующую обработку. Отверстие в надставке растачивают с допуском под горячую посадку. Нагревают надставку до 250–300 °С и насаживают ее на вал до упора в заточку.

При ремонте валов диаметром более 60 мм в целях повышения прочности сопряжения вала и надставки место стыка вала дополнительно приваривают в нескольких точках,

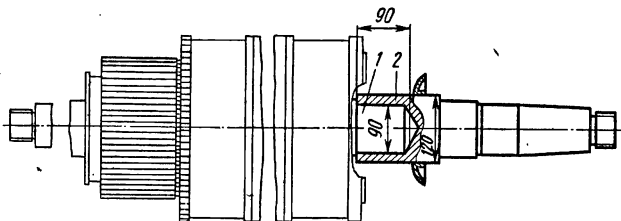


Рис. 128. Ремонт сломанного вала напрессовкой насадки («протеза»):

1 — вал, 2 — протез

равномерно расположенных по окружности стыка, или сплошным швом по его окружности.

По окончании насадки и сварки надставленную часть обрабатывают на токарном станке и одновременно выверяют правильность положения надставки по отношению к основной части вала. Вал является наиболее ответственной и точной деталью электрической машины. Большинство его сопрягаемых поверхностей обрабатывают по высокому классу точности.

Вентиляторы. Длительная нормальная работа электрической машины в значительной мере зависит от интенсивности отвода тепла от его нагревающихся частей. Условиями охлаждения определяется и нагрузочная способность машины, поскольку повышение температуры нагрева обмоток и других ее частей сверх нормы является главной причиной, ограничивающей мощность машины при длительных и кратковременных нагрузках. Чрезмерные нагревы и большие перепады температуры между отдельными частями машины — основные причины старения и повреждения изоляции. Охлаждение электрических машин осуществляется литыми, клепаными или сварными вентиляторами.

Вентиляторы, литые из алюминиевых сплавов, надежнее клепаных, поскольку у них переходы от диска к лопастям скруглены и поэтому обладают повышенной прочностью. Повреждение литого вентилятора происходит не в работе, а чаще всего из-за небрежного обращения при разборке и сборке машины в процессе ремонта.

У клепаных вентиляторов слабым местом являются участки изгиба лопастей, особенно при наличии диска. При реверсировании машины вследствие инерции диска лопасти вентилятора изгибаются то в одном, то в другом направлении, что обычно и служит причиной появления трещин и разрушения вентилятора. Если при ремонте машины эти трещины не будут устранены, лопасти вентилятора могут оторваться от диска и повредить обмотки и сердечники машины.

У клепаных вентиляторов наиболее частой причиной выхода из строя является также нарушение прочности клепочных соединений в результате действия на лопасти вибрационных нагрузок. При ремонте клепаных вентиляторов повреждение устраняют дополнительным привариванием лопастей.

В ряде случаев вентиляторы могут оказаться настолько поврежденными, что ремонтировать их невозможно, поэтому изготавливают новые вентиляторы, по возможности улучшая их конструкцию.

Отремонтированные и особенно вновь изготовленные вентиляторы, прежде чем насадить на вал ротора (якоря), проверяют на отсутствие сверхдопустимого биения в осевом и радиальном направлениях. При ремонте и замене вентилятора его центр тяжести может сместиться с оси вращения, вследствие чего нарушится балансировка ротора и машина при работе будет вибрировать. Причиной смещения центра тяжести может быть различная толщина стенок литых вентиляторов, неодинаковая толщина стальных листов и лопастей клепаных вентиляторов или различная высота сварных швов в сварных вентиляторах.

Перед установкой вентилятора на ротор его балансируют. Для статической балансировки надевают вентилятор на оправку, цилиндрические концы которой устанавливают на горизонтальные линейки. Добавляя балансировочные грузы разной массы, добиваются такого снижения величины дисбаланса, при котором остановленный в любом положении вентилятор не перекачивается на линейках. Балансировочные грузы надежно закрепляют, чтобы они не оторвались при вращении вентилятора в машине. Если вентилятор не ремонтировался, его при сборке устанавливают в то же положение, в каком он был до разборки. В некоторых машинах для этого имеется специальный штифт, ввернутый в нажимную шайбу ротора, а в диске вентилятора для него бывает просверлено отверстие.

Эффективность работы вентилятора в значительной степени зависит от качества обработки его деталей, вдоль которых проходят струи воздуха. Малейшие неровности и даже выступающие головки заклепок затрудняют движение воздуха и создают завихрения в вентиляционных каналах.

Вентиляторы нередко повреждаются при небрежной разборке и сборке машин, а также вследствие неправильного хранения роторов и якорей с установленными на них вентиляторами. Во избежание повреждения вентилятора при разборке необходимо соблюдать следующие правила.

Нельзя захватывать съемником тонкий диск вентилятора. Обычно на втулке вентилятора имеются кольцевые углубления для захвата съемником или в ее торце нарезаны отверстия, в которые ввертывают шпильки винтового съемника. При насадке на вал литых алюминиевых вентиляторов нельзя сильно

ударять по ним, иначе вентиляторы могут отделиться от стальной втулки. Кроме того, удары передаются подшипникам машины.

Вентиляторы, установленные внутри машины, при разборке остаются на роторе. Вынув ротор из статора, кладут его на специальные стеллажи, чтобы вентилятор не опирался на верстак и не погнулся. Вентиляторы, предназначенные для наружного обдува статора, снимают при каждой разборке двигателя, иначе нельзя снять подшипниковый щит со стороны вентилятора. Их насаживают на вал с требуемым натягом. От перемещений по валу вентиляторы предохраняют стопорным винтом или при помощи разрезной втулки, которую после насадки вентилятора на вал стягивают болтом. Благодаря этому посадочная поверхность втулки вентилятора при сборке и разборке не изнашивается.

Отремонтированные и вновь изготовленные вентиляторы защищают от коррозии, покрывая предварительно очищенную их поверхность двумя слоями лака.

§ 44. РЕМОНТ СТАНИН, ПОДШИПНИКОВЫХ ЩИТОВ И ПОДШИПНИКОВ

Станины и подшипниковые щиты. Ремонт станин и подшипниковых щитов заключается в заварке трещин, приварке отломанных деталей и восстановления изношенных посадочных поверхностей.

Трещины в чугунах заваривают биметаллическими электродами и преимущественно в горячем состоянии ацетиленокислородным пламенем. Детали разогревают в печи до 700—800 °С, заваривают трещину и дают ей медленно остыть вместе с печью в течение 1—3 сут (в зависимости от размеров и массы детали). Если толщина треснувшей стенки больше 5 мм, перед сваркой скашивают ее кромки по всей длине трещины ручным или пневматическим зубилом под углом 45—60°. Начало и конец трещины засверливают, чтобы она не увеличивалась.

Трещины в чугуне можно заваривать и в холодном состоянии медным или биметаллическим электродом, а также сваркой стальным электродом стальных шпилек, ввернутых в чугун на резьбе.

Отломанные детали приваривают при ремонте. Чаще всего приходится приваривать лапы станин и борты подшипниковых щитов. Лапы станин ломаются из-за чрезмерно сильного крепления их болтами к неровному основанию, борты подшипниковых щитов — при неправильных методах разборки машины, когда щит отделяют от станины не с помощью отжимных болтов или ударами молотка по надставке, а вбивая зубило в щель между торцом станины и бортом щита.

В связи с внедрением единых серий электрических машин объем ремонта механических деталей сократился. Число разновидностей подшипниковых щитов и крышек подшипников в единых сериях сократилось во много раз, что позволяет электроремонтным заводам заменять большинство поврежденных деталей новыми, полученными с завода-изготовителя электрических машин или выполненными по его чертежам, а это упрощает процесс ремонта и повышает его качество.

Восстанавливать изношенные посадочные поверхности подшипниковых щитов чаще всего приходится в местах посадки подшипников качения. Подшипниковый щит растачивают до большего диаметра и запрессовывают в него стальную втулку, которую затем растачивают до требуемого размера. Если невозможно расточить место посадки подшипника в подшипниковом щите до требуемого размера, изношенные посадочные поверхности восстанавливают методом металлизации. В подобных случаях при ремонте иногда прибегают к увеличению диаметра подшипника до размера расточки в подшипниковом щите путем наплавки на его наружное кольцо слоя металла необходимой толщины, однако пользоваться этим способом не рекомендуется, поскольку при неумелом его выполнении можно повредить дорогостоящий подшипник.

В станинах ремонтируемых электрических машин нередко бывает повреждена резьба отверстий, в которые ввертывают болты, крепящие подшипниковый щит к станине машины. При срыве резьбы в отверстия станины его рассверливают, увеличивая диаметр, а затем нарезают и ввертывают в него резьбовую пробку с внутренней резьбой требуемого диаметра и шага.

Подшипники. Подшипники — важнейшие детали всякой электрической машины. Работа подшипников происходит в тяжелых условиях вследствие перегревов, значительных нагрузок и трений, а также электрической эрозии и возникновения одностороннего притяжения при смещении ротора относительно геометрической оси машины.

Повреждение или выход из строя подшипника требует немедленной остановки машины, поскольку может привести к серьезной аварии, требующей капитального ремонта машины.

В электрических машинах применяют подшипники двух видов (конструктивно отличающихся друг от друга) — качения и скольжения. В современных машинах используют, главным образом, шариковые и роликовые подшипники качения, которые просты в эксплуатации, износоустойчивы и легко заменяются при повреждении. Подшипники скольжения, применявшиеся в машинах старых конструкций, используются сейчас в современных крупных электрических машинах, а также при необходимости работы машин с низким уровнем производимого шума.

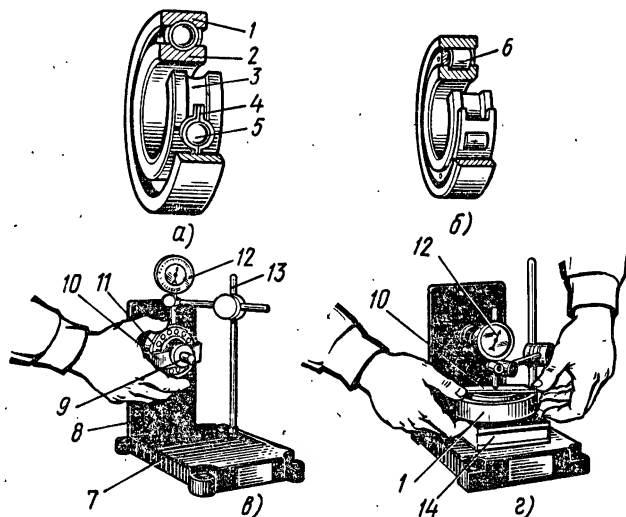


Рис. 129. Устройство однорядного шарикового (а) и роликового (б) подшипников качения и приспособлений для проверки зазоров в радиальном (в) и аксиальном (г) подшипниках:

1 и 2 — наружное и внутреннее кольца, 3 — дорожка качения, 4 — сепаратор, 5 — шарик, 6 — ролик, 7 и 8 — горизонтальная и вертикальная плиты, 9 — резьбовой стержень с гайкой, 10 — планка, 11 — подшипник, 12 — индикатор, 13 — стойка с держателем индикатора, 14 — брусок

При поступлении в ремонт электрических машин с подшипниками качения (шариковыми или роликовыми) производят только проверку их состояния и степени износа.

Подшипники качения. При ремонте электрической машины с подшипниками качения (рис. 129, а, б) обычно ограничиваются осмотром и промывкой подшипников и закладкой в них новой порции смазки. Подшипники промывают, затем вводят в них консистентную рабочую смазку УТВ (универсальную тугоплавкую водостойкую) или ЦИАТИМ-201, представляющую собой смесь минерального масла и мыла.

Однако нередко у подшипников качения оказываются поврежденными поверхности шариков 5 или роликов 6 и дорожек качения 3. Повреждение выражается в износе или усталостном выкрошивании металла. Износ дорожек качения подшипников вызывается абразивным истиранием вследствие попадания в него мелких твердых частиц. Рабочая поверхность таких подшипников принимает характерный матовый оттенок. Усталостное выкрошивание металла на дорожках качения и поверхностях

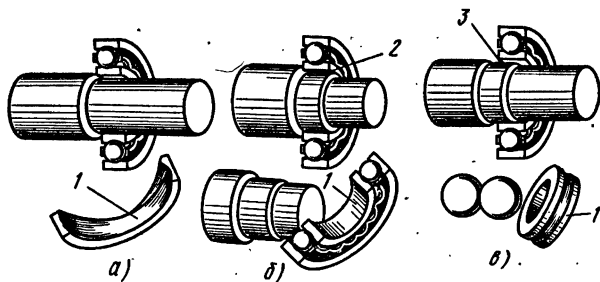


Рис. 130. Виды и участки износов подшипников качения:
а — вследствие перекоса, *б* — при проворачивании внутреннего кольца подшипника на валу, *в* — в результате чрезмерного натяга; 1 — участки износа деталей подшипника, 2 — зазор, 3 — натяг

шариков или роликов происходит также из-за работы в ненормальном режиме нагрузки или в течение недопустимого для данного подшипника длительного времени.

Наиболее характерные виды и участки износов подшипников качения показаны на рис. 130. Степень износа подшипников качения определяют измерением радиальных и аксиальных (осевых) зазоров с помощью приспособлений (см. рис. 129, *в*, *г*). Для замера радиального зазора устанавливают подшипник 11 на вертикальной плите 8 приспособления. Затем, наложив на внутреннее кольцо 2 подшипника стальную планку 10, закрепляя его гайкой, накрученной на стержень 9, приваренный к вертикальной плите, при этом наружное кольцо 1 подшипника должно свободно вращаться.

Величину радиального зазора определяют индикатором 12, укрепленным на держателе стойки 13, по результатам трех измерений, произведенных при повороте наружного кольца подшипника после первого и второго измерения на 120°.

Чтобы измерить осевой зазор, укладывают подшипник на два металлических бруска 14 одинакового размера так, чтобы его внутреннее кольцо свободно провисало (см. рис. 129, *г*), затем, наложив на это кольцо стальную планку 10, опускают индикатор 12 от соприкосновения его наконечника с планкой. Осевой зазор определяют по показанию стрелки индикатора, прижимая к брускам наружное кольцо 1 подшипника и одновременно смещая руками вверх до отказа внутреннее кольцо 2. Осевой зазор в подшипниках качения электрических машин мощностью до 100 кВт не должен превышать 0,5 мм.

При больших радиальных и аксиальных зазорах, а также при повреждениях отдельных деталей или частей подшипника качения (разрушение сепаратора, шариков или роликов, выкрошивание металла на дорожках качения) его заменяют новым.

Подшипники заменяют новыми и при наличии следующих неустраняемых повреждений:

- сколы или трещины на кольцах, сепараторах или шариках (роликах);

- забоины или вмятины на поверхностях дорожек качения;

- признаки шелушения поверхности дорожек качения подшипника;

- цвета побежалости на поверхности колец, сепараторов, шариков (роликов);

- царапины или глубокие риски, расположенные поперек пути качения шариков (роликов);

- стук и неустраняемый после промывки повышенный шум в подшипнике;

- забоины или вмятины на поверхности сепаратора;

- четкие отпечатки шариков (роликов) на дорожках качения.

Подшипники качения повреждаются не только в результате неудовлетворительной эксплуатации, но и вследствие нарушения правил монтажа или неправильного нагрева подшипников для посадки на вал при сборке на заводе или очередном ремонте.

Посадку подшипника качения на вал обычно осуществляют путем предварительного подогрева его до $80-90^{\circ}\text{C}$ в масляной ванне.

Масляная ванна (рис. 131, а) имеет внутренний резервуар 4, подъемную корзину 3 с решетчатым дном, нагревательные элементы 2, уложенные в керамическую плиту, воздушное распределительное устройство, служащее для управления подъемом и спуском корзины, карман для установки термометра контроля температуры нагрева масла и сливную трубу для спуска масла из ванны. Корзина сверху прикрыта двумя крышками. Задняя крышка закреплена наглухо, а передняя — откидная. Корзина поднимается с помощью пневмоцилиндра двустороннего действия, подвешенного к каркасу ванны.

Для уменьшения потерь тепла пространство между стенками кожуха заполнено изоляционной набивкой 1 из асбеста. При подогреве подшипников в ванне тщательно следят за показаниями термометра, так как при температуре более 130°C может вспыхнуть находящееся в ванне трансформаторное масло.

Нагрев подшипников в масляной ванне широко распространен, однако имеет ряд недостатков. Масляные ванны громоздки, требуют постоянного контроля за чистотой находящегося в них масла, чтобы не допустить загрязнения подшипников при нагреве. Подшипник нагревается долго и неравномерно: больше нагревается та его часть, которая обращена к источнику тепла, подогревающему масло в ванне. Неосторожность персонала может привести к воспламенению масла, ожогам или пожару.

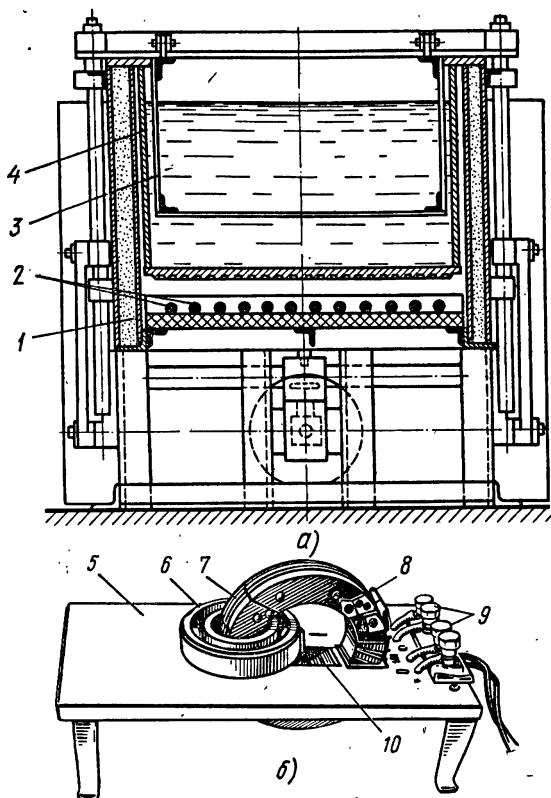


Рис. 131. Приспособления для нагрева подшипников качения при посадке на вал:

a — масляная ванна, *б* — аппарат индукционного нагрева;
1 — изоляционная набивка, *2* — нагревательный элемент,
3 — подъемная корзина, *4* — резервуар, *5* — плита, *6* — подшипник,
7 — сердечник, *8* — шарнир, *9* — зажимы, *10* — первичная обмотка

Метод индукционного нагрева подшипников качения в специальном аппарате лишен этих недостатков. Аппарат индукционного нагрева (рис. 131, *б*) состоит из плиты *5* и кольцеобразного разъемного сердечника *7*, набранного из листов трансформаторной стали. Один сектор сердечника укреплен на латунном шарнире *8* и откидывается при установке подшипника *6* для нагрева в аппарате. Для изготовления сердечника аппарата могут быть использованы сердечники поврежденных трансформаторов тока. На нижней части сердечника намотана пер-

вичная обмотка 10 с отпайками на 100, 150 и 200 витков. Концы обмотки выведены к зажимам 9. Вторичной обмоткой аппарата служат кольца подшипника, представляющие собой короткозамкнутый виток, надетый на сердечник.

Питание на первичную обмотку подается от стандартного переносного трансформатора напряжением 380—220/36—12 В и мощностью 250 Вт. При прохождении тока в первичной обмотке индуцируется ток в кольцах подшипника и нагревает их до 80—90°С. Температуру подшипника проверяют с помощью термометров, термощупов или термосвечей, используемых для контроля за нагревом контактных соединений шин в распределительных устройствах.

Индукционные аппараты применимы для всех размеров подшипников качения, однако каждый из аппаратов используют для нагрева подшипников нескольких размеров, которые зависят от размеров сердечника и мощности трансформатора, питающего первичную обмотку аппарата. Аппарат, показанный на рис. 131, б, имеет массу 4 кг и позволяет нагревать подшипники от № 310 до 322. Нагрев индукционным методом производится примерно в 3 раза быстрее, чем в масляной ванне.

Аппарат вмонтирован в огнестойкую асбестоцементную плиту, на которую кладут нагреваемый подшипник. Нагретый подшипник насаживают на вал электрической машины вручную при помощи надставки, состоящей из сферической заглушки 4 (рис. 132, а), надетой на отрезок 3 трубы, диаметр которой равен диаметру средней части кольца подшипника 2. Участок вала, на который должен быть насажен подшипник, предварительно обрабатывают, тщательно очищая от заусенцев, а затем промывают и протирают насухо. Насадку подшипника на вал и в расточку подшипникового щита (рис. 132, б) производят при помощи надставки и металлической шайбы 5. Поверхность расточки щита предварительно обрабатывают так же, как место посадки подшипника на валу. Указанные способы посадки подшипников на вал не свободны от недостатков, в частности от возможности перекосов подшипника, повреждения его кольца или случайного удара по обмотке ротора либо коллектору якоря. Кроме того, ручной способ насадки связан с затратами большого физического труда.

Посадка подшипников в подшипниковые щиты выполняется и механизированным способом путем запрессовки при помощи универсального пневмогидравлического прессы (рис. 133). Он пригоден для запрессовки подшипников разных размеров в щиты различных конструкций. Пресс не требует переналадок: различные щиты на прессе устанавливают с использованием сменных технологических колец 13.

Посадка подшипника в щит производится следующим образом. Устанавливают щит 8 вместе с подлежащим запрессовке наружным кольцом 9 подшипника на стол прессы; а затем

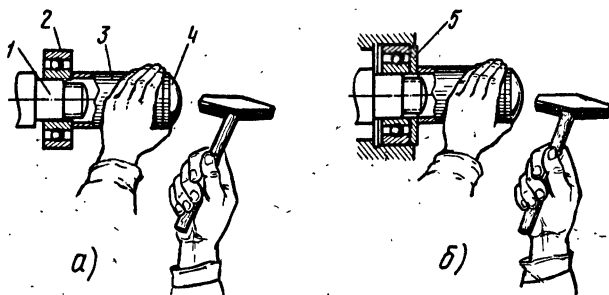


Рис. 132. Насадка подшипников качения:

а — на вал, *б* — на вал и в расточку подшипникового щита;
 1 — вал, 2 — подшипник, 3 — отрезок трубы, 4 — заглушка, 5 —
 металлическая шайба

на поршень 7 со штоком надевают нажимной зонт 10 и специальную гайку 11. Шток и гайка имеют прерывистую кольцевую нарезку (за счет профильных пазов). Для того чтобы свободно надеть гайку на шток до касания с зонтом 10, ее выступы совмещают с продольными пазами на штоке, а также выступы штока с пазами в гайке. При повороте гайки на 60° происходит ее сочленение со штоком (выступы одной детали заходят в кольцевые пазы другой).

Включается пресс поворотом рукоятки трехходового крана 16, при этом нижняя полость большого пневмоцилиндра с внутренним диаметром 340 мм соединяется с заводской магистралью сжатого воздуха, а его верхняя полость и полость *С* малого пневмоцилиндра — с атмосферой. Под давлением сжатого воздуха поршень 1 и плунжер 3 перемещаются вверх, при этом плунжер из полости *А* гидроцилиндра вытесняет жидкость через каналы *Е* в полость *Б*, создавая в ней давление. В результате этого поршень 7 со штоком, перемещаясь вниз, передает через зонт 10 усилие на подшипник, запрессовывая последний в отверстие подшипникового щита.

Для освобождения подшипникового щита рукоятка трехходового крана поворачивается в другое крайнее положение, при котором сжатый воздух подается в верхнюю полость большого пневмоцилиндра и полость *С* малого пневмоцилиндра, а нижняя полость большого пневмоцилиндра соединяется с атмосферой. Под давлением сжатого воздуха поршень 7 со штоком поднимается вверх, вытесняя через каналы *Е* рабочую жидкость из полости *Б* в полость *А*. Одновременно с этим поршень 1 и плунжер 3 опускаются вниз, освобождая место для жидкости в полости *А* гидроцилиндра. Повернув гайку 11 на 60° , снимают ее и зонт 10 с поршня 7 со штоком, а затем и щит.

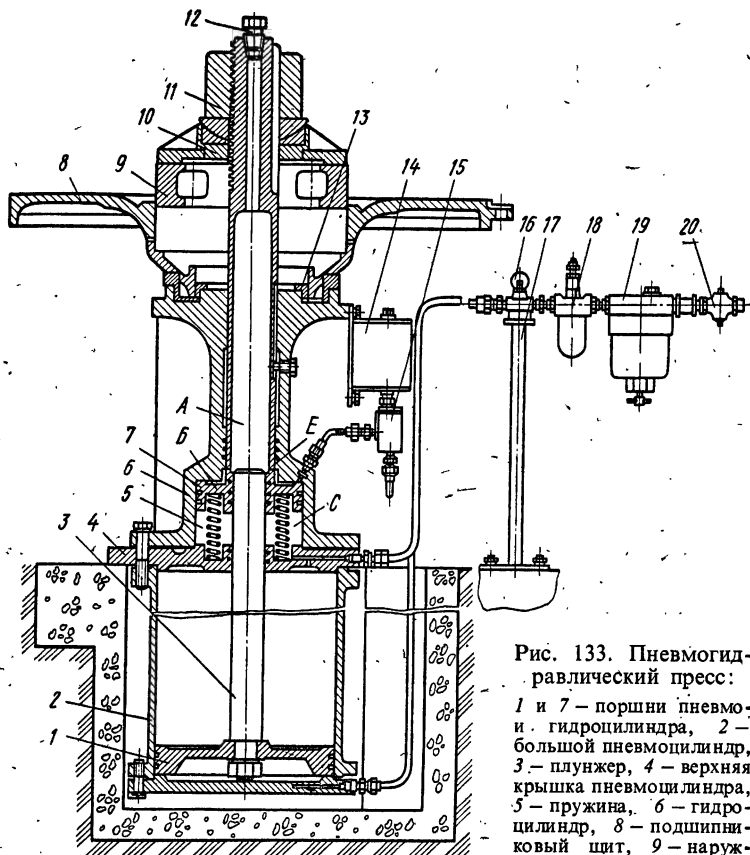


Рис. 133. Пневмогидравлический пресс:

1 и 7 — поршни пневмо- и гидроцилиндра, 2 — большой пневмоцилиндр, 3 — плунжер, 4 — верхняя крышка пневмоцилиндра, 5 — пружина, 6 — гидроцилиндр, 8 — подшипниковый щит, 9 — наружное кольцо подшипника,

10 — нажимной зонг, 11 — гайка, 12 — пробка, 13 — технологические кольца, 14 — бачок, 15 — клапан, 16 — трехходовой кран, 17 — стойка, 18 — редуктор, 19 — водоотделитель, 20 — вентиль

При использовании пневмогидравлического пресса повышается качество и почти в 4 раза сокращается время посадки подшипника в щит, электрослесари освобождаются от тяжелого физического труда.

Подшипники скольжения. Подшипники скольжения электрических машин встроены в подшипниковые щиты или вынесены за их пределы и смонтированы в стойках, устанавливаемых на общем фундаменте со станиной машины. Выполняют эти подшипники в виде цельной или составной втулки, последняя состоит из двух половинок (вкладышей),

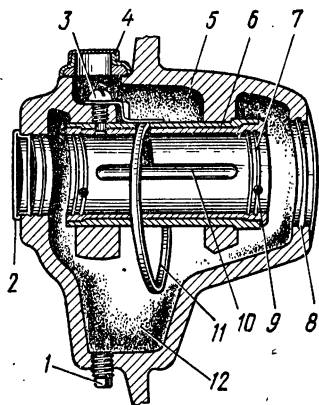


Рис. 134. Подшипник скольжения:

1 — маслоспускная пробка, 2 — торцевая крышка корпуса, 3 — винт, 4 — крышка масляной камеры, 5 — корпус подшипника, 6 — втулки, 7 — маслоулавливающие канавки, 8 — канавка в корпусе, 9 — маслосточное отверстие, 10 — распределительная смазочная канавка, 11 — смазочное кольцо, 12 — масляная камера

разъем — горизонтальный. Внутренняя поверхность втулки покрыта слоем антифрикционного сплава — баббита. В подшипниках скольжения применяют преимущественно кольцевую систему смазки.

Подшипник скольжения (рис. 134) с кольцевой смазкой, встроенный в подшипниковый щит электродвигателя, имеет чугунную втулку 6, состоящую из двух вкладышей, установленную в корпусе 5 и закрепленную в нем винтом 3. Во втулке есть прорезь, в которую вкладывают смазочное кольцо 11, изготовляемое для асинхронных электрических машин из стали, а для машин постоянного тока — из латуни или бронзы, чтобы избежать «прилипания» кольца вследствие намагничивания. «Верхняя» часть кольца лежит на расположенном в прорези участке шейки вала, а «нижняя» погружена в масло, находящееся в масляной камере 12 подшипника.

При вращении вала начинает вращаться и смазочное кольцо, при этом масло налипает на кольцо и подается к шейке вала, откуда попадает в распределительную смазочную канавку 10 и растекается по втулке. Между втулкой и шейкой вала имеется зазор, величина которого зависит от диаметра и частоты вращения вала.

Масло, подаваемое вращающимся кольцом, попадает в зазор между шейкой вала и внутренней поверхностью втулки, из-за чего шейка вала всплывает и во время работы двигателя вращается на масляной пленке. При этом появляется так называемое жидкостное трение, резко снижающее коэффициент трения, вследствие чего подшипник может работать длительное время, не подвергаясь интенсивному износу. Для предотвращения растекания масла вдоль вала на втулке имеются маслоулавливающие канавки 7, сообщающиеся с камерой 12 через отверстия 9. Распределительная смазочная канавка 10, как это видно из рисунка, не доходит до канавок 7, иначе масло

не попадало бы в зазор между шейкой вала и втулкой, а циркулировало по канавкам.

Чтобы масло из подшипника не попадало на обмотку и внутренние части электродвигателя, в корпусе подшипника имеется кольцевая канавка 8, в которую вкладывают уплотняющую фетровую шайбу. Отверстие в торце корпуса подшипника закрыто крышкой 2. Смазочное кольцо вкладывают в подшипник через окно, закрытое крышкой 4.

Подшипники скольжения ремонтируют чаще всего вследствие износа, отслоения или выкрошивания слоя баббита, выплавления баббита при нагревах сверх допустимой температуры. Дефекты вкладышей выявляют внешним осмотром и по звуку при простукивании. У подшипников с хорошо сохранившимся слоем баббита звук при простукивании молоточком будет чистым и звонким, а при отслоившемся баббите — дребезжащим и глухим. Чтобы обнаружить трещины в баббите вкладыша, погружают его на 10—15 мин в керосин, затем вытирают насухо и покрывают тонким слоем мела, разведенного в воде. Трещины четко вырисовываются на покрытой мелом поверхности благодаря керосину, задержавшемуся в них.

Обнаруженные дефекты устраняют перезаливкой баббита. Процесс ремонта подшипников перезаливкой включает подготовительные работы, заливку, механическую обработку и пригоночные работы.

В процессе подготовки вкладышей к заливке их очищают от грязи и масла, промывая в 10%-ном растворе каустической соды, и освобождают от старого баббита, который выплавляют путем подогрева вкладышей пламенем паяльной лампы или нагреванием в электрических печах при температуре 380—400° С. Вкладыши, освобожденные от старого баббита, обезжиривают, погружая на 1—3 мин в 10%-ный раствор каустической соды, нагретой до 70—80° С, а затем промывают в горячей воде и вытирают насухо чистыми обтирочными концами. Обезжиренные вкладыши подготавливают под заливку баббитом следующим способом:

очисткой внутренней поверхности стальными проволочными щетками до металлического блеска;

пескоструйной очисткой внутренней поверхности и последующей металлизацией;

очисткой и облуживанием внутренней поверхности.

Каждый из перечисленных способов подготовки вкладышей подшипников под заливку баббитом имеет свои преимущества и недостатки. Например, подготовка под заливку только путем очистки весьма проста по исполнению и не требует специального оборудования, но не обеспечивает прочного сцепления баббита с внутренней поверхностью вкладыша. Подготовка путем пескоструйной очистки и последующей металлизации позволяет создать поверхность вкладыша, при которой улучшаются условия ее сцепления с заливаемым баббитом, но для

осуществления такой подготовки требуются пескоструйный аппарат, металлатор и помещение для выполнения пескоструйных операций. Подготовка под заливку внутренней поверхности вкладыша путем очистки и последующего облуживания обеспечивает наиболее высокую прочность сцепления баббита с поверхностью вкладыша. И хотя этот способ подготовки требует расходования припоя и большей затраты времени, он распространен в ремонтной практике.

Облуживание вкладышей под заливку баббитом производят ручным способом лужения или погружением в расплав припоя. При ручном лужении покрывают очищенную до блеска внутреннюю поверхность вкладышей слоем флюса (хлористого цинка), нагревают вкладыши до $280-300^{\circ}\text{C}$, а затем натирают их внутреннюю поверхность прутком припоя ПОС 30 или ПОС 40, равномерно покрывая тонким слоем полуды. Этот способ облуживания требует большой затраты времени, применяется при перезаливке небольшого количества подшипников скольжения электрических машин мощностью до 50 кВт.

Более совершенным способом облуживания под заливку подшипников скольжения электрических машин является погружение в расплав припоя, при котором достигается равномерное покрытие внутренней поверхности вкладышей слоем полуды и прочное его сцепление с основным металлом вкладышей.

Облуживание погружением производят следующим образом. Вкладыши с предварительно очищенной от оксидов внутренней поверхностью протравливают, опуская их на 2—3 мин в 15%-ный раствор серной или соляной кислоты, а затем нейтрализуют в щелочном растворе, промывают в воде с температурой $60-70^{\circ}\text{C}$ и просушивают. Далее повторно очищают внутреннюю поверхность вкладышей стальной щеткой, а их наружную поверхность покрывают защитной пленкой, состоящей обычно из одной части мела и одной части столярного клея, разведенных в двух-трех частях воды, после чего просушивают. Внутреннюю поверхность вкладышей подшипника покрывают слоем флюса, погружая их в ванну с хлористым цинком, а затем подогревают до 120°C и опускают на 5—7 мин в ванну с расплавом припоя ПОС 30 или ПОС 40, после чего вкладыши вынимают и, встряхивая, освобождают от излишков припоя.

Подготовленные под заливку вкладыши прочно скрепляют друг с другом хомутами и принимают меры для предотвращения вытекания баббита при заливке.

Подшипники скольжения электрических машин мощностью до 100 кВт общепромышленного назначения заливают баббитом преимущественно марки Б-16 или БН. При необходимости небольшого количества баббита его плавят в маленьком тигле, а при большой потребности — в индукционных печах.

Индукционная печь (рис. 135) состоит: из стального цилиндрического тигля 2, изолированного от корпуса печи асбестоцементным кольцом 3 и закрываемого крышкой 1; индукционной катушки 6, изолированной от стенок тигля тремя слоями листового асбеста 7 и прочно скрепленной стяжными шпильками 5; каркаса 4 с цапфами для выливания расплава баббита при заливке подшипников; двух стоек 8, снабженных проушинами для укладки в них цапф тигля.

Нагрев тигля осуществляется переменным током частотой 50 Гц через понижающий трансформатор напряжением 660—380/60 В. При плавлении баббита внимательно следят за его температурой, не допуская недогрева или перегрева, так как в обоих случаях снижается способность соединения сплава с поверхностью подшипника, а также ухудшаются механические качества слоя баббита. При нормальной температуре нагрева поверхность баббита имеет серебристо-белый цвет. Наблюдение за температурой нагрева расплава баббита ведут, пользуясь табл. 5.

Таблица 5. Температуры нагрева баббита

Марка баббита	Температура, °С		
	начала плавления	конца плавления	заливки
Б-16	240	410	460 ± 10
БН	245	397	450 ± 10

Примечание. Температура нагрева зависит от марки баббита. Приведенные температуры нагрева относятся к баббитам, широко применяемым для заливки подшипников скольжения электрических машин.

Заливка вкладышей баббитом производится ручным (статическим) или центробежным (динамическим) способом.

При ручной заливке (рис. 136) устанавливают вкладыши 3 на зажатый в тисках поддон 5 и вставляют в них (строго в центре) стержень 1 из куса стальной трубы соответствующего диаметра. Диаметр стержня выбирают, учитывая усадку баббита (0,5—0,7%) и припуск на механическую обработку (3—6 мм). Далее устанавливают в стыки вкладышей дистанционные прокладки 2 из нелуженой полосовой стали, которые центрируют стержень и препятствуют соединению вкладышей при заливке. Вкладыши прочно скрепляют хомутом 4 из полосовой стали при помощи болта с барашком.

Заливая баббит во вкладыши, следят, чтобы его струя лилась равномерно и не прерывалась. Заливочный ковш с баббитом держат близко к вкладышам во избежание быстрого охлаждения струи баббита. Несоблюдение этих требований может

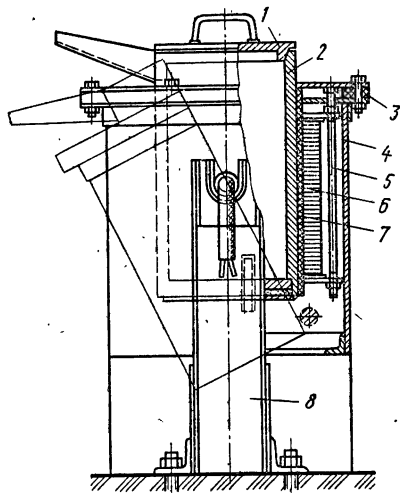


Рис. 135. Индукционная печь для плавки баббита:

1 — крышка, 2 — стальной тигель, 3 — кольцо из асбестоцемента, 4 — каркас, 5 — стяжные шпильки крепления обмотки, 6 — индукционная катушка, 7 — асбестовая изоляция, 8 — стойки с проушинами

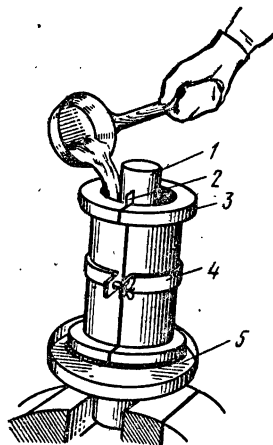


Рис. 136. Ручная заливка баббитом подшипника скольжения:

1 — стержень, 2 — дистанционная прокладка, 3 — вкладыши подшипника, подготовленного к заливке баббитом, 4 — хомут, 5 — поддон

привести к образованию слоистости и пленок оксидов, резко понижающих прочность сцепления в местах соприкосновения застывшего баббита с металлом вкладышей. Этот способ заливки подшипников скольжения баббитом применяют в электроцехах предприятий при малых количествах заливок.

При большом числе электрических машин с подшипниками скольжения, находящихся в эксплуатации, когда при их ремонтах приходится перезаливать значительное количество подшипников, применяют центробежную заливку, обеспечивающую минимальный расход баббита за счет сокращения припуска на обработку, высокую плотность слоя баббита и прочное сцепление его с внутренней поверхностью вкладышей. Расплавленный баббит вводится внутрь вращающегося подшипника и под действием центробежной силы плотно пристает к его внутренней поверхности.

Для осуществления центробежной заливки подшипников используют приспособление, устанавливаемое в патроне токарного станка, или передвижной станок. При заливке в приспособлении (рис. 137, а) нагревают вкладыши 1 до 200—260° С и зажимают между дисками 2, после чего включают станок

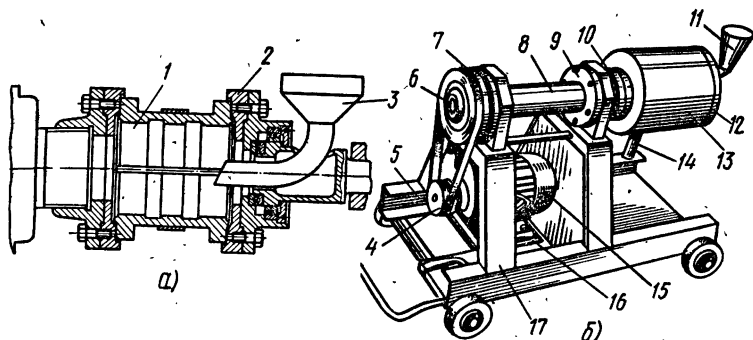


Рис. 137. Центробежная заливка подшипников скольжения:

a — в приспособлении к токарному станку, *б* — в переносном станке (кожух снят); 1 — вкладыши, 2 — диск, 3 и 11 — воронки, 4 и 7 — шкивы, 5 — станина, 6 — головка, 8 — шпиндель, 9 и 13 — бусы, 10 — упорное кольцо, 12 — крышка, 14 и 17 — стойки, 15 — электродвигатель, 16 — плита под электродвигателем

и при вращении шпинделя вливают в воронку 3 необходимое количество расплавленного баббита.

Это приспособление неудобно тем, что необходимо занимать токарный станок, который может быть использован по своему прямому назначению. Кроме того, плавить баббит и заливать его в подшипники приходится в токарном цехе, что не всегда возможно и небезопасно для работающих на соседних станках.

Указанные неудобства устраняются при использовании специального передвижного станка для центробежной заливки подшипников баббитом (рис. 137, б). На сварной станине 5 станка, выполненной из швеллеров, установлены две стойки 17 для корпусов шарикоподшипников. Шпиндель 8 станка изготовлен из толстостенной трубы диаметром 76 мм. На шпиндель насажены два шарикоподшипника № 1315, заключенные в бусы 9, шкив 7 с двумя ручьями для клиновидных ремней и упорное кольцо 10, приваренное к шпинделю. В конец шпинделя вварена гайка с резьбой М30, в которую ввернут выпрессовочный винт М30 с головкой 6, обработанной под квадрат.

На втором конце шпинделя (со стороны упорного кольца) нарезана резьба, на которую накручена чугунная буска 13 с внутренней поверхностью, проточенной на конус. В буску закладывают выпрессовочный диск и подлежащий заливке подшипник, предварительно вложенные в переходную чугунную втулку. Втулка имеет продольный разрез по всей длине. Конусность наружной поверхности втулки соответствует конусности внутренней поверхности бусы. Внутренняя поверхность втулки цилиндрическая и соответствует наружному диаметру подшипника.

Букса с заложенным в нее выпрессовочным диском и подшипником в переходной втулке закрывается крышкой 12, закрепляемой болтами. В центре крышки имеется отверстие для прохода трубы от воронки 11, через которую подшипник наполняют расплавленным баббитом. Воронка с вваренной в нее трубой укреплена на поворотной стойке 14, положение которой после установки подшипника, закрепления крышки и ввода трубы от воронки в отверстие крышки фиксируется пружинным устройством.

Под шпинделем станка на станине размещена плита 16, на которой установлен электродвигатель 15 мощностью 1,7 кВт, частотой вращения 1420 об/мин. На станине имеется болт для присоединения станка к сети заземления. На валу двигателя насажен шкив 4. Передача (1:2) от шкива электродвигателя к шкиву на шпинделе осуществляется клиновидными ремнями. Все вращающиеся части, кроме буксы 13, закрываются съемным кожухом. Для заливки подшипников разных габаритных размеров станок имеет несколько переходных втулок, внутренние диаметры которых соответствуют наружным диаметрам подшипников. Расточка внутренней поверхности буксы рассчитана на установку переходной втулки для подшипников наибольшего диаметра. Заливку подшипника производит один рабочий.

Подшипник, подготовленный к заливке и подогретый, вставляют в переходную втулку и вместе с ней закладывают в буксу, куда предварительно помещают выпрессовочный диск. Буксу закрывают крышкой, укрепляемой четырьмя болтами. После этого трубу воронки вводят внутрь буксы; положение воронки фиксируют стопорным винтом. Подогревают пламенем газовой горелки воронку и трубу, включают двигатель станка и букса вместе с втулкой и подшипником начинает вращаться. Открывают спусковой штуцер электротигля и наливают необходимое количество расплавленного баббита в воронку. Станок оставляют включенным в течение 15 мин, затем отключают. По истечении 30—40 мин после остановки станка фиксируют положение буксы стопорным винтом, отводят воронку и открывают крышку буксы.

С противоположной стороны в шпиндель вводят специальный ключ, которым поворачивают винт и нажимают на выпрессовочный диск. Под воздействием диска вкладывая вместе с переходной втулкой выходят из буксы. Подшипник легко освобождают от переходной втулки, нажав лезвием отвертки на продольный разрез втулки. Подшипник охлаждают, а на станок устанавливают следующий подшипник, который готовят за время вращения в станке первого подшипника. Заливку подшипников производят в брезентовых рукавицах и защитных очках.

После охлаждения подшипника проверяют качество заливки. Поверхность баббита должна иметь тускло-серебристый цвет. Желтизна указывает на перегрев подшипника и его надо пере-

заливать. При простукивании молотком подшипник должен издавать чистый (без дребезжания) металлический звук. При использовании центробежного метода заливки вкладышей расход баббита сокращается на 8—10%, затраты труда — на 30%, кроме того, значительно повышается качество заливки по сравнению с заливкой баббита вручную. Частота вращения подшипников при заливке их баббитом центробежным способом приведена в табл. 6.

Т а б л и ц а 6. Частота вращения подшипников при заливке их баббитом центробежным способом

Внутренний (номинальный) диаметр под- шипника, мм	Частота вращения подшипника, об/мин	Внутренний (номинальный) диаметр под- шипника, мм	Частота вращения подшипника, об/мин
30	1500	90	850
40	1250	100	810
50	1150	110	770
60	1050	120	740
70	950	130	710
80	900	140	680

П р и м е ч а н и е. Частота вращения подшипников приведена для случаев заливки их баббитом марок Б-16 и БН. При заливке баббитом марки Б-83 частота вращения должна быть увеличена на 15%.

На специализированных электроремонтных предприятиях, ремонтирующих ежегодно несколько тысяч электрических машин, заливку подшипников скольжения баббитом производят при помощи стационарных заливочных станков, устройство которых показано на рис. 138.

На постаменте 2 установлены подшипники 6 и 8, в которых вращается шпиндель 7. На передний конец шпинделя накрут патрон, служащий для закрепления заливаемого подшипника и состоящий из трех планшайб: задней 9, накрутой на шпиндель 7, передней 13, жестко скрепленной с задней с помощью трех распорных шпилек 11, и средней 10, надетой на шпильки 11. Средняя планшайба может перемещаться вдоль шпилек под действием штока 4, смонтированного в полости шпинделя и снабженного маховичком 3. Задний конец шпинделя имеет внутреннюю резьбу. Передний конец патрона поддерживается тремя роликовыми опорами 17 (могут быть использованы шариковые подшипники), смонтированными на разъемной раме 14. Шпиндель станка приводится во вращение от шунтового электродвигателя с регулируемым числом оборотов (600—1400 об/мин) при помощи реостата 1.

Заливочный станок работает следующим образом. Подшипник, подготовленный к заливке, устанавливают между планшай-

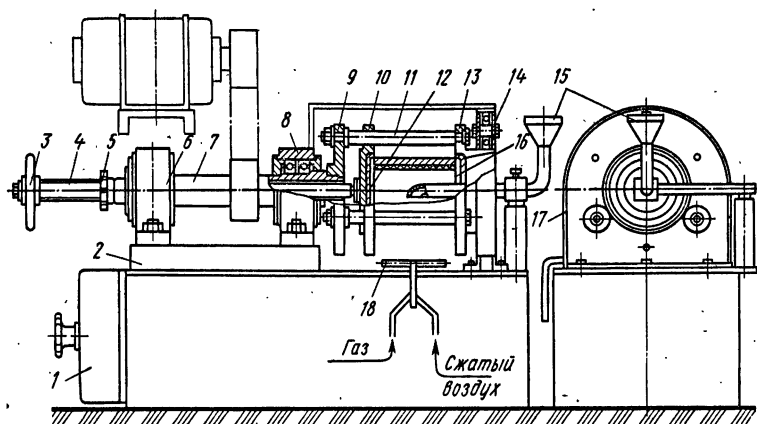


Рис. 138. Стационарный станок для центробежной заливки баббитом подшипников скольжения:

1 — реостат, 2 — постамент, 3 — маховичок, 4 — шток, 5 — контргайка, 6 и 8 — передний и задний подшипники, 7 — шпиндель, 9, 10 и 13 — задняя, средняя и передняя планшайбы, 11 — распорная шпилька, 12 и 16 — сменные шайбы, 14 — разъемная рама, 15 — заливочная воронка, 17 — роликовая опора, 18 — газовая горелка

бами 13 и 10 при помощи сменных шайб 12 и 16 и закрепляют по торцам путем закручивания штока 4. Контргайка 5 предупреждает самоотвинчивание штока во время работы станка. После установки и закрепления подшипника в патроне включают станок и сообщают патрону минимальную скорость. Затем зажигают газовую горелку 18, служащую для подогрева подшипника перед заливкой до температуры, указанной в табл. 5. Эту же горелку используют для подвода сжатого воздуха при охлаждении подшипника после заливки. Одновременно с подогревом осуществляют очистку (во время вращения) внутренней поверхности подшипника длинной стальной щеткой.

После очистки и подогрева подшипника выключают горелку, продувают полость подшипника сжатым воздухом и приступают к его заливке. Для этого устанавливают заливочную воронку 15 в рабочее положение (обычно воронка отведена в сторону) и настраивают электродвигатель с помощью реостата на требуемую частоту вращения. Частоту вращения патрона устанавливают в зависимости от размера подшипника. Недопустимо заливать холодные и недостаточно подогретые подшипники во избежание отставания баббита от стенок.

Заливку надо осуществлять непрерывной струей. Перерыв струи приводит к расслаиванию заливки. Заливку производят специальным заливочным ковшом с делениями, указывающими объем металла в нем.

Перед наполнением ковша баббит, находящийся в тигле, необходимо перемешать деревянной лопаточкой и снять с поверхности шлак. После заливки подшипник должен продолжать вращаться до полного затвердевания сплава, но не менее 5 мин. Для ускорения остывания и получения лучшей структуры баббита подшипник охлаждают струей сжатого воздуха, выпускаемого в горелку 18. После полного охлаждения подшипник снимают со станка, освобождают от крепежных деталей и хомутов, очищают от абестового уплотнения и проверяют качество заливки, как уже указывалось ранее. При отсутствии каких-либо дефектов подшипник подвергают токарной, а затем и слесарной обработке.

У подшипников с разъемными вкладышами последние после заливки отделяют друг от друга, места разреза очищают, между половинками вкладыша устанавливают регулировочные медные прокладки общей толщиной 0,8—1,2 мм, позволяющие при дальнейшей эксплуатации уменьшать (путем их удаления) зазор между валом и вкладышем по мере износа слоя баббита подшипника. Обе половины вместе с прокладками скрепляют хомутом, после чего подшипник растачивают.

Затем прорезают смазочные (маслораспределительные) канавки. У хорошо работающего подшипника скольжения вал «всплывает» на смазку, в результате между валом и вкладышем образуется тонкий слой масла, что составляет основу работы подшипника, так как при его наличии трение вала о вкладыш прекращается и происходит лишь взаимное скольжение частиц масла внутри слоя смазки. Поскольку вал всплывает на смазку, давление на слой смазки может быть очень большим, поэтому подшипник должен быть таким, чтобы масло не могло выдавливаться из-под шейки вала. С этой точки зрения крестообразные маслораспределительные канавки нецелесообразны, так как по ним масло будет уходить из-под вала. Наиболее эффективны продольные маслораспределительные канавки, проходящие лишь в тех местах (обычно сбоку), где давление вала на вкладыш наименьшее. Они не должны доходить до края вкладыша или сообщаться с маслоулавливающими канавками. Такие канавки вырубает крейцмейселем или прорезают на токарном станке, подавая резец с суппортом вдоль станины станка при неподвижном шпинделе. На токарном же станке можно прорезать канавки под смазочное кольцо при изготовлении нового вкладыша. Вкладыш ставят эксцентрично к оси патрона, после чего резцом прорезают канавку. Резцом (при нормальной установке вкладыша) протачивают маслоулавливающие канавки по краям вкладыша.

Ширину маслораспределительных и маслоулавливающих канавок для подшипников с диаметром шейки вала 20—150 мм делают 3—6 мм, а глубину 1,5—3 мм.

После расточки подшипника и прорезания маслораспределительных и маслоулавливающих канавок подшипник приша-

бривают по валу, как указано в гл. I. У разъемных подшипников скольжения сначала шабруют отдельно верхний и нижний вкладыши, а затем оба вместе еще раз после их соединения друг с другом.

По окончании операций шабрения и установки подшипника на место проверяют с помощью шупа наличие требуемого зазора между шейкой вала и рабочей поверхностью подшипника. В электрических машинах с частотой вращения более 1000 об/мин и подшипниками скольжения с кольцевой смазкой допустимые зазоры между шейкой вала и подшипником должны быть в пределах, мм: 0,12—0,17 при диаметре валов 80—120 мм; 0,15—0,21 при диаметре 120—160 мм.

§ 45. РЕМОНТ ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Основные сведения об обмотках. В настоящем разделе сведения об обмотках и способах их ремонта приведены только в таком объеме, в каком должен о них знать электрослесарь, чтобы квалифицированно выполнять электрослесарные операции ремонта электрических машин.

Обмотка электрической машины образуется из витков, катушек и катушечных групп.

Витком называют два последовательно соединенных между собой проводника, расположенных под соседними разноименными полюсами. Необходимое (общее) число витков обмотки определяется номинальным напряжением машины, а площадь сечения проводников — током машины. Виток может состоять из нескольких параллельных проводников.

Катушка — несколько витков, уложенных соответствующими сторонами в два паза и соединенных между собой последовательно. Части катушки, лежащие в пазах сердечника, называют пазовыми или активными, а расположенные вне пазов — лобовыми.

Шагом катушки называют число пазовых делений, заключенных между центрами пазов, в которые укладываются стороны витка или катушки. Шаг катушки может быть диаметральной или укороченным. Диаметральной называют шаг катушки, равный полюсному делению, а укороченным — несколько меньший диаметрального.

Катушечная группа представляет собой несколько последовательно соединенных катушек одной фазы, стороны которых лежат под двумя соседними полюсами.

Обмотка — это несколько катушечных групп, уложенных в пазы и соединенных по определенной схеме.

Показателем, характеризующим обмотку электрической машины переменного тока, служит число пазов q на полюс и фазу, указывающие, сколько катушечных сторон каждой фазы приходится на один полюс обмотки. Поскольку катушечные

стороны одной фазы, лежащие под двумя соседними полюсами обмотки, образуют катушечную группу, то число q показывает количество катушек, из которых состоят катушечные группы данной обмотки.

Обмотки электрических машин подразделяются на петлевые, волновые и комбинированные. По способу заполнения пазов обмотки электрических машин могут быть однослойными и двухслойными. При однослойной обмотке сторона катушки занимает весь паз по его высоте, а при двухслойной — только половину паз; другую его половину заполняет соответствующая сторона другой катушки.

Способы укладки обмоток в пазы зависят от формы последних. Пазы статоров, роторов и якорей электрических машин могут быть следующих видов: закрытые — в которые провода катушки вводят с торца сердечника; полузакрытые — в которые провода катушки вкладывают («всыпают») по одному через узкую прорезь пазов; полуоткрытые — в которые вкладывают жесткие катушки, разделенные в каждом слое на две; открытые — в которые вкладывают жесткие катушки.

В машинах старых конструкций обмотки удерживаются в пазах клиньями из дерева, а в современных машинах — клиньями из разных твердых изоляционных материалов или бандажами. Различные формы пазов электрических машин были показаны на рис. 98.

Обмотки электрических машин выполняют в соответствии с чертежом, на котором их схемы показаны условно и представляют собой графическое изображение развертки окружности статора, ротора или якоря. Такие схемы называют развернутыми. Эти схемы можно применять для изображения обмоток электрических машин всех видов как постоянного, так и переменного тока, однако в ремонтной практике для изображения схем двухслойных обмоток статоров электрических машин переменного тока в последнее время используют преимущественно торцевые схемы, отличающиеся простотой исполнения и большей наглядностью. Торцевая схема двухслойной обмотки статора четырехполюсной машины показана на рис. 139, а, а соответствующая ей развернутая схема — на рис. 139, б.

Схемы обмоток обычно изображают в одной проекции. Чтобы легко было различать расположение катушек в пазах сердечника в схемах двухслойных обмоток, стороны катушек в пазовой части изображают двумя рядом расположенными линиями — сплошной и пунктирной (штрихпунктирной); сплошная линия обозначает сторону катушки, уложенную в верхнюю часть паз, а пунктирная — нижнюю сторону катушки, уложенную на дно паз. В разрывах вертикальных линий указывают номера пазов сердечника. Нижний и верхний слои лобовых частей изображают соответственно пунктирными и сплошными линиями.

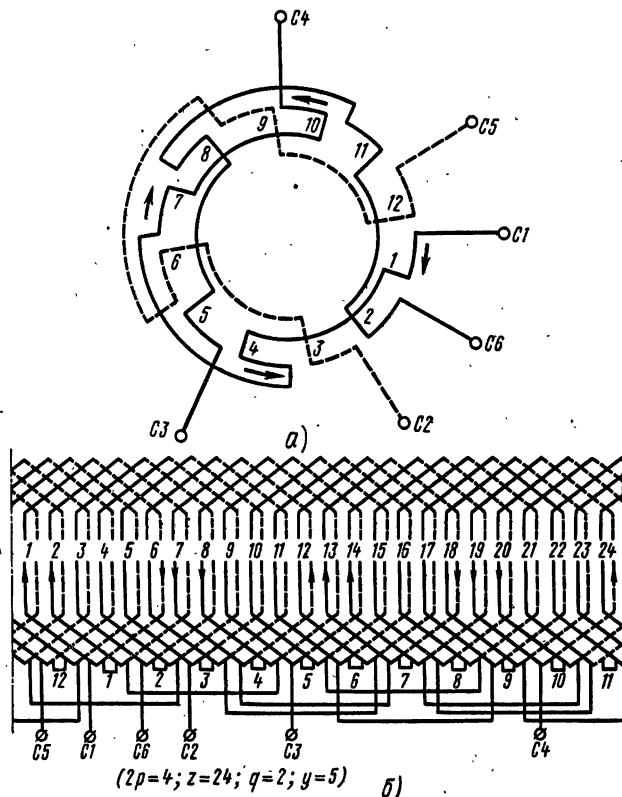


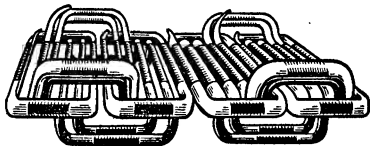
Рис. 139. Схемы двухслойной трехфазной обмотки:
а — торцевая, б — развернутая

Стрелки на элементах обмотки, проставляемые на некоторых схемах, показывают направление эдс или токов в соответствующих элементах обмотки в определенный (один и тот же для всех фаз обмотки) момент времени.

Начала первой, второй и третьей фаз обозначают $C1$, $C2$ и $C3$, а концы этих фаз — соответственно $C4$, $C5$ и $C6$. В схеме указывается вид обмотки, а также приводятся ее параметры: z — число пазов; $2p$ — число полюсов, y — шаг обмотки по пазам; a — число параллельных ветвей в фазе; m — число фаз; Y (звезда) или Δ (треугольник) — способы соединения фаз.

Схемы и конструкции обмоток. Обмотки статоров. Существуют различные схемы и конструкции обмоток статоров. Ниже рассмотрены только те из них, которые чаще всего

Рис. 140. Расположение лобовых частей однослойной обмотки



применялись в электрических машинах старых конструкций и используются в настоящее время.

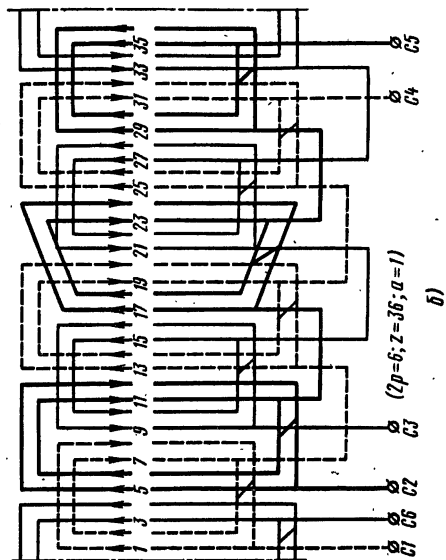
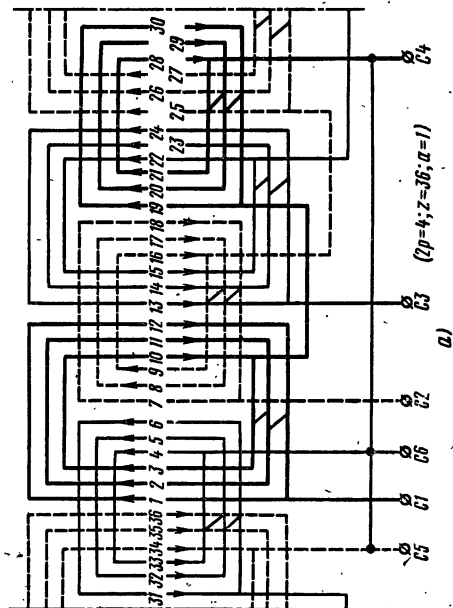
Однослойные обмотки, используемые в машинах старых конструкций, широко применяются и в современных машинах благодаря их высокой технологичности, позволяющей производить намотку обмоток механизированным способом — на специальных намоточных станках. Общее число катушек однослойной обмотки равно половинному числу пазов статора, так как одна из сторон катушки занимает весь паз, а следовательно, обе стороны катушки — два паз.

Однослойные катушки имеют различные формы, а лобовые части катушек одной катушечной группы — одинаковую форму, но разные размеры. Для того чтобы уложить обмотку в пазы сердечника статора, лобовые части катушек располагают по окружности в два или три ряда (рис. 140).

Из однослойных обмоток наиболее распространены концентрические двух- и трехплоскостные. Их называют концентрическими из-за концентрического расположения катушек катушечной группы, а двух- и трехплоскостными — из-за способа расположения лобовых частей обмотки в двух или трех уровнях.

Схема трехфазной однослойной концентрической двухплоскостной обмотки статора показана на рис. 141, а. На линиях пазов имеются стрелки, указывающие направления эдс и тока в каждом пазу в зависимости от расположения его под полюсами в магнитном поле обмотки в определенный момент времени. В однослойной трехфазной обмотке число катушечных групп всей обмотки равно $3p$ (p — число групп в каждой фазе).

При четном числе пар полюсов статора ($2p = 4, 8, 12$ и т. д.) число катушечных групп будет также четным и их можно разделить поровну на два вида: малые катушечные группы — с расположением лобовых частей в первой плоскости; большие катушечные группы — с расположением лобовых частей во второй плоскости. В этом случае вся двухплоскостная обмотка может быть распределена на три фазы с равным числом малых и больших катушечных групп в каждой фазе. Если число пар полюсов статора нечетное ($2p = 6, 10, 14$ и т. д.), двухплоскостная однослойная обмотка не может быть распределена по фазам с одинаковым количеством больших и малых катушечных групп. Одна из катушечных групп получается с перекошенными лобовыми частями, поскольку ее половины располагаются в раз-



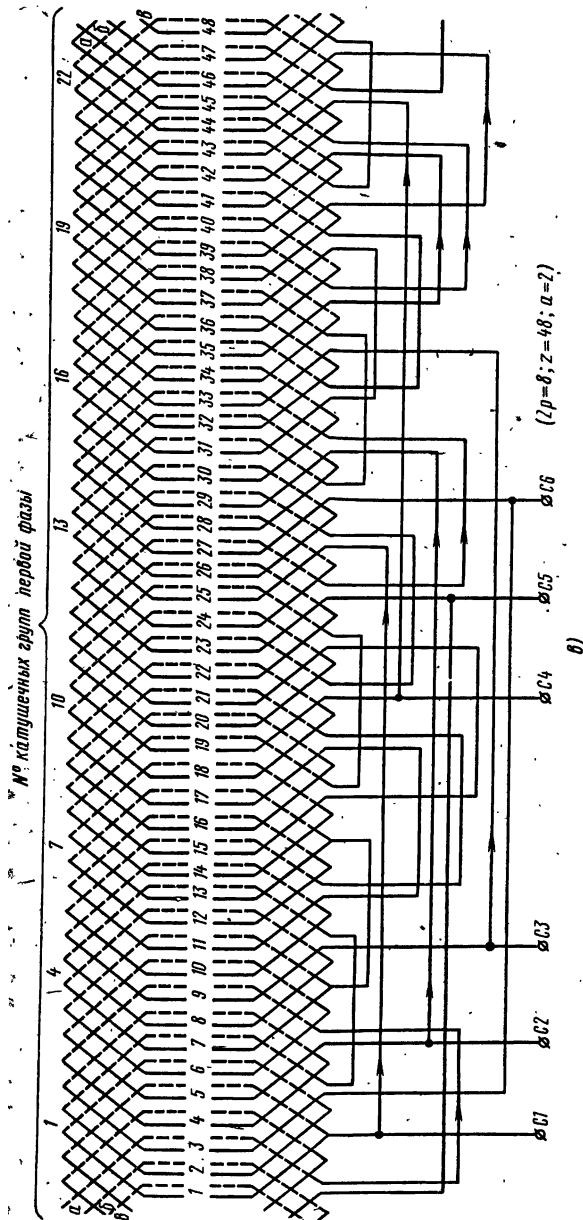


Рис. 141. Схемы обмоток статоров электрических машин:

а — однослойной concentрической двухполюсной, б — однослойной двухполюсной с переходной катушечной группой, в — двухслойной петлевой

ных плоскостях. Такую катушечную группу называют переходной.

Схема однослойной двухплоскостной обмотки статора шестиполусной машины с переходной катушечной группой показана на рис. 141, б. Изготовление однослойных обмоток с мягкими катушками из круглых проводов и с переходными лобовыми частями технологически несложно. Намотка жестких катушек однослойной обмотки из проводов прямоугольного сечения связана с рядом трудностей — использованием специальных шаблонов и сложностью формовки лобовых частей катушек переходной группы. Если такую обмотку применяют в роторе, то из-за разной массы (неуравновешенности) лобовых частей обмотки затрудняется балансировка ротора, а наличие дисбаланса вызывает вибрацию машины.

В двухслойной обмотке общее число катушек равно полному числу пазов сердечника статора, а общее число катушечных групп в фазе — числу полюсов машины. Двухслойные обмотки выполняют в одну или несколько параллельных ветвей. Схема двухслойной петлевой обмотки, выполненной в две параллельные ветви ($a = 2$) с катушками в одновитковом исполнении, показана на рис. 141, в. В ней отсутствуют дополнительные межкатушечные переемы, поскольку межкатушечные соединения выполнены непосредственно лобовыми частями.

Все катушечные группы, входящие в какую-либо параллельную ветвь, сосредоточены на одной части окружности статора, поэтому такой способ образования параллельных ветвей называют сосредоточенным в отличие от распределенного способа, при котором все катушечные группы каждой параллельной ветви распределяются по всей окружности статора. Чтобы выполнить параллельное соединение распределенным способом, необходимо в первую параллельную ветвь первой фазы включить последовательно нечетные катушечные группы (1, 7, 13 и 19) схемы, а во вторую параллельную ветвь — четные катушечные группы (4, 10, 16 и 22) этой схемы. Возможное число параллельных ветвей двухслойной петлевой обмотки с целым числом пазов на полюс и фазу определяется отношением количества пар полюсов к количеству параллельных ветвей, равным целому числу ($2p/a$ равняется целому числу).

Основное преимущество двухслойных обмоток по сравнению с однослойными — возможность выбора любых укорочений шага обмотки, улучшающих характеристики электрической машины:

Обмотки роторов. Ротory асинхронных электрических машин выполняют с короткозамкнутой или фазной обмоткой.

Короткозамкнутые обмотки электрических машин старых конструкций изготовлялись в виде «беличьей клетки», состоящей из медных стержней, концы которых были запаяны в отверстиях, высверленных в медных короткозамыкающих коль-

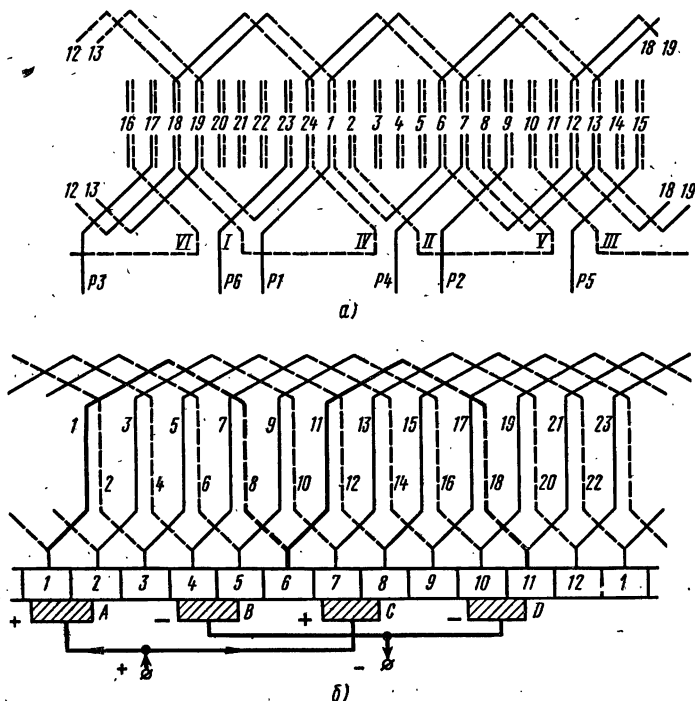


Рис. 142. Волновые обмотки:

а — ротора, б — якоря

цах (см. рис. 97, а). В современных асинхронных электрических машинах мощностью до 100 кВт короткозамкнутая обмотка ротора образуется путем заливки его пазов расплавом алюминия.

В фазных роторах асинхронных электродвигателей применяют чаще всего двухслойные волновые или петлевые обмотки. Наиболее распространены волновые обмотки, основное преимущество которых состоит в минимальном числе межгрупповых соединений.

Основным элементом волновой обмотки является обычно стержень. Двухслойную волновую обмотку выполняют, вставляя с торца ротора в каждый его закрытый или полузакрытый паз по два стержня. Схема волновой обмотки четырехполюсного ротора, имеющего 24 паза, показана на рис. 142, а. В каждый паз обмотки закладывают два стержня, причем стержни верхнего и нижнего слоев соединяют пайкой с использованием хомутиков, надеваемых на концы стержней.

Шаг обмотки волнового типа равен числу пазов, разделенному на число полюсов. В схеме, показанной на рис. 142, а, шаг обмотки по пазам $y = 24:4 = 6$. Это означает, что верхний стержень паза 1 соединяется с нижним стержнем паза 7, который при шаге обмотки, равном шести, соединяется с верхним стержнем паза 13 и нижним 19. Для продолжения обмотки шагом, равным шести, надо соединить нижний стержень паза 19 с верхним паза 1, т. е. замкнуть обмотку, что недопустимо. Во избежание замыкания обмотки при подходе к пазу, с которого она начиналась, укорачивают или удлиняют шаг обмотки на один паз. Волновые обмотки, выполненные с сокращением шага на один паз, называют обмотками с укороченными переходами, а выполненные с увеличением шага на один паз — обмотками с удлиненными переходами.

На схеме обмотки число пазов q на полюс и фазу равно двум, поэтому надо выполнить два обхода ротора, а для создания четырехполюсной обмотки не хватает соединений с противоположной стороны ротора, которые можно получить при его обходе, но уже в обратном направлении. В волновых обмотках различают передний шаг обмотки со стороны выводов (контактных колец) и задний шаг обмотки со стороны, противоположной контактными кольцам.

Обход ротора в обратном направлении, в данном случае переход на задний шаг, достигается соединением нижнего стержня паза 18 с нижним стержнем, отстоящим от него на один шаг. Далее делается два обхода ротора. Продолжая обход ротора задним шагом, нижний стержень паза 12 соединяют с верхним стержнем паза 6. Дальнейшие соединения производят так. Нижний стержень паза 1 соединяют с верхним стержнем паза 19, который (как видно из схемы) соединяется с нижним стержнем паза 13, а последний, в свою очередь, — с верхним стержнем паза 7. Другой конец верхнего стержня паза 7 идет на вывод, составляя конец первой фазы.

Обмотки фазных роторов асинхронных двигателей соединяют преимущественно по схеме «в звезду» с выводом трех концов обмотки к контактными кольцам. Выводы концов обмотки ротора обозначают от первой фазы P_1 , от второй P_2 и от третьей P_3 , а концы фаз обмотки — соответственно P_4 , P_5 и P_6 . Перемычки, соединяющие начала и концы фаз обмотки ротора, указывают римскими цифрами, например, в первой фазе перемычка, соединяющая начало P_1 и конец P_4 , обозначена цифрами I—IV, P_2 и P_5 — II—V, P_3 и P_6 — III—VI.

Обмотки якорей. Простая волновая обмотка якоря (рис. 142, б) производится присоединением выводных концов секций к двум коллекторным пластинам AC и BD , расстояние между которыми определяется двойным полюсным делением (2 τ). При выполнении обмотки последней секции первого обхода соединяют с началом секции, соседней с той, от которой начал был обход, и далее продолжают обходы по якорю

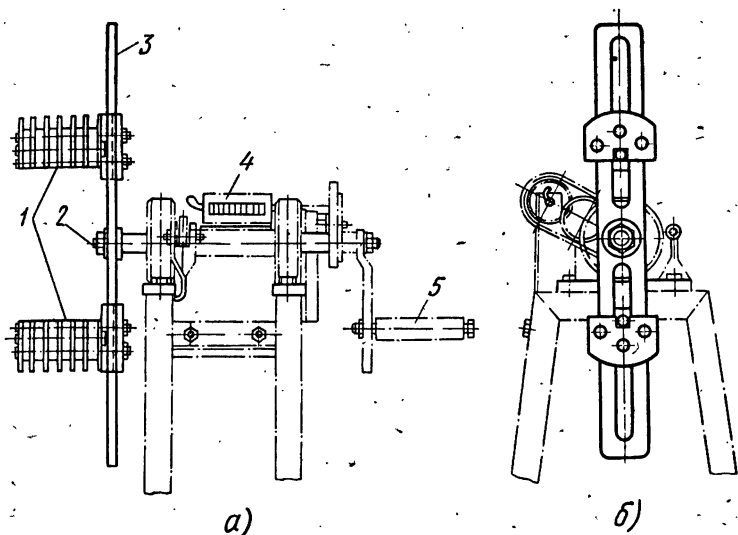


Рис. 143. Станок для ручной намотки катушек обмоток статоров:
а — общий вид, *б* — вид со стороны шаблона; 1 — колодки шаблона, 2 — вал, 3 — диск, 4 — счетчик оборотов, 5 — рукоятка

и коллектору, пока не будут заполнены все пазы и не замкнется обмотка.

Технология ремонта обмоток. Многолетняя практика эксплуатации отремонтированных электрических машин с частично замененными обмотками показала, что они, как правило, выходят из строя после непродолжительного времени. Вызвано это рядом причин, в том числе нарушением при ремонте целостности изоляции неповрежденной части обмоток, а также несоответствием качества и сроком службы изоляции новой и старой частей обмоток. Наиболее целесообразной при ремонте электрических машин с поврежденными обмотками является замена всей обмотки с полным или частичным использованием ее проводов. Поэтому в настоящем разделе приводятся описания ремонтов, при которых поврежденные обмотки статоров, роторов и якорей заменяются полностью вновь изготовленными на ремонтном предприятии.

Ремонт обмоток статоров. Изготовление обмотки статора начинают с заготовки отдельных катушек на шаблоне. Для правильного выбора размера шаблона необходимо знать основные размеры катушек, главным образом их прямолинейной и лобовой частей. Размеры катушек обмотки ремонтируемых машин могут быть определены замером старой обмотки.

Катушки выпных обмоток статоров наматывают на прос-
 тых или универсальных шаблонах с ручным или механическим

приводом. При ручной намотке катушек на простом шаблоне разводят обе его колодки 1 (рис. 143, а, б) на расстояние, определяемое размерами обмотки, и закрепляют их в вырезах диска 3, насаженного на вал 2. Затем один конец обмоточного провода закрепляют на шаблоне и, вращая рукоятку 5, наматывают требуемое число витков катушки.

Количество витков в намотанной катушке показывает счетчик 4, установленный на раме станка и связанный с валом 2. Окончив намотку одной катушки, переносят провод в соседний вырез шаблона и наматывают следующую катушку.

Ручная намотка катушек на простом шаблоне требует больших затрат труда и времени. Чтобы ускорить процесс намотки, а также уменьшить количество паяк и соединений, применяют механизированную намотку катушек на станках со специальными шарнирными шаблонами (рис. 144, а), позволяющими последовательно наматывать все катушки, приходящиеся на одну катушечную группу или всю фазу. Кинематическая схема станка для механизированной намотки катушек показана на рис. 144, б.

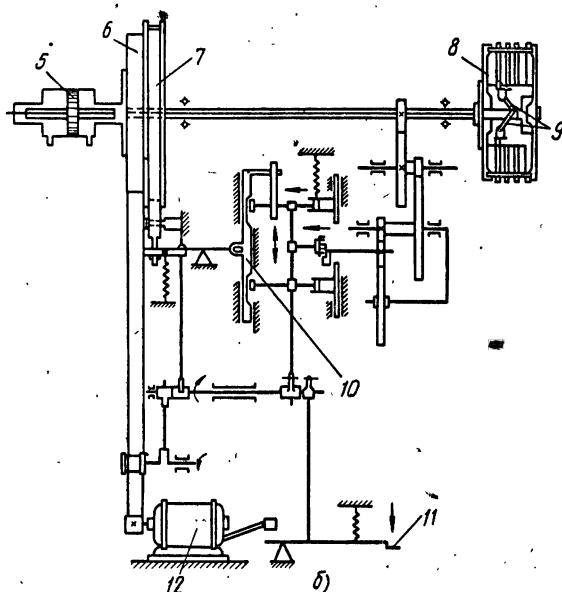
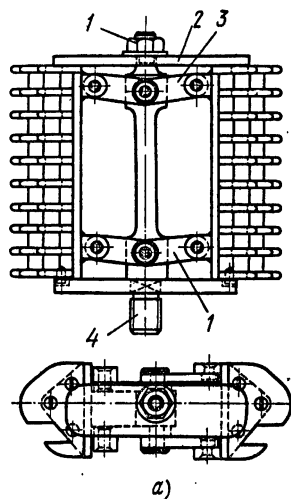
Для намотки катушечной группы на шарнирном шаблоне с механическим приводом заводят конец провода в шаблон 8 и включают станок. Намотав требуемое число витков, станок автоматически останавливается. Для съема намотанной катушечной группы станок оборудован пневматическим цилиндром 5, который через тягу, проходящую внутри полого шпинделя, действует на шарнирный механизм 9 шаблона, при этом головки шаблона сдвигаются к центру и освободившаяся катушечная группа легко снимается с шаблона. Готовую катушечную группу укладывают в пазы.

Перед намоткой катушек или катушечных групп следует тщательно ознакомиться с обмоточно-расчетной запиской ремонтируемой электрической машины, в которой указывают: мощность, номинальное напряжение и частоту вращения ротора электрической машины; тип и конструктивные особенности обмотки; число витков в катушке и проводов в каждом витке; марку и диаметр обмоточного провода; шаг обмотки; количество параллельных ветвей в фазе; число катушек в группе; порядок чередования катушек; класс применяемой изоляции по нагревостойкости, а также различные сведения, относящиеся к конструкции и способу изготовления обмотки.

Нередко при ремонте обмоток двигателей приходится заменять отсутствующие провода требуемых марок и сечений имеющимися проводами. По этим же причинам намотку катушки одним проводом заменяют намоткой двумя и более параллельными проводами, суммарное сечение которых эквивалентно требуемому. При замене проводов обмоток ремонтируемых электродвигателей предварительно (до намотки катушек) проверяют коэффициент заполнения паза, который должен быть в пределах 0,7 — 0,75. При коэффициенте более 0,75

Рис. 144. Станок для механизированной намотки катушечных групп обмоток статоров:

а — шарнирный шаблон станка, *б* — кинематическая схема; 1 — зажимная гайка, 2 — фиксирующая планка, 3 — шарнирная планка, 4 — оправа, 5 — пневматический цилиндр, 6 — передача, 7 — ленточный тормоз, 8 — шаблон, 9 — шарнирный механизм шаблона, 10 — механизм зацепления автоматического останова станка, 11 — педаль включения станка, 12 — электродвигатель



укладка проводов обмотки в пазы будет затруднена, а при менее 0,7 провода неплотно разместятся в пазах и мощность электродвигателя будет использована неполностью.

Катушки двухслойной обмотки укладывают в пазы сердечника группами, как они были намотаны на шаблоне. Распре-

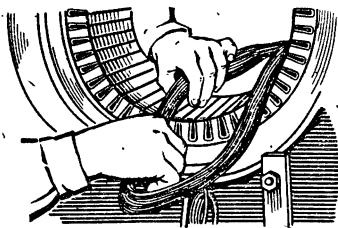


Рис. 145. Укладка в пазы сердечника проводов катушки выпной обмотки

деляют провода в один слой и вкладывают стороны катушек, прилегающие к пазу (рис. 145); другие стороны этих катушек оставляют не вложенными в пазы, пока не будут уложены нижние стороны катушек во все пазы, охватываемые шагом обмотки. Следующие катушки укладывают одновременно нижними и верхними сторонами. Между верхними и нижними сторонами катушек в пазах устанавливают изоляционные прокладки из электрокартона, согнутые в виде скобочки, а между лобовыми частями — из лакоткани или листов картона с наклеенными на них кусками лакоткани.

При ремонте электрических машин старых конструкций с закрытыми пазами рекомендуется до начала демонтажа обмотки снять с натуры ее обмоточные данные (диаметр провода, число проводов в пазу, шаг обмотки по пазам и другие), а затем сделать эскизы лобовых частей и замаркировать пазы статора. Эти данные могут оказаться необходимыми при восстановлении обмотки.

Выполнение обмоток электрических машин с закрытыми пазами имеет ряд особенностей. Пазовую изоляцию таких машин делают в виде гильз из электрокартона и лакоткани. Для изготовления гильз предварительно по размерам пазов машины выполняют стальной дорн 1, представляющий собой два встречных клина (рис. 146). Размеры дорна должны быть меньше размеров паза на толщину гильзы 2.

Затем по размерам старой гильзы нарезают заготовки из электрокартона и лакоткани на полный комплект гильз и приступают к их изготовлению. Нагревают дорн до $80 - 100^{\circ}\text{C}$ и плотно обертывают заготовкой, пропитанной лаком. Поверх заготовки туго накладывают слой хлопчатобумажной ленты вполнахлеста. По истечении времени, необходимого для охлаж-

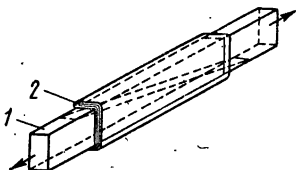


Рис. 146. Способ изготовления изоляционных гильз электрических машин с закрытыми пазами сердечника:

1 — стальной дорн, 2 — изоляционная гильза

дения дорна до температуры окружающей среды, разводят клинья и снимают готовую гильзу. Перед намоткой вставляют гильзы в пазы статора, а затем заполняют их стальными спицами, диаметр которых должен быть на 0,05—0,1 мм больше диаметра изолированного обмоточного провода.

От бухты обмоточного провода отмеряют и отрезают кусок провода, необходимого для намотки одной катушки. При использовании слишком длинных кусков провода усложняется намотка, требуется большая затрата времени и нередко повреждается изоляция из-за частой протяжки провода через паз.

Намотка впротяжку является трудоемкой ручной работой, которую обычно выполняют два обмотчика, стоящие с двух сторон статора (рис. 147). До начала обмотки устанавливают в пазах статора стальные спицы соответственно диаметру и количеству проводов обмотки, размещаемых в его пазах. Процесс намотки состоит из операций протяжки провода через гильзы, вложенные в пазы, предварительно очищенные от грязи и остатков старой изоляции, и укладки провода в пазах и лобовых частях. Намотку начинают обычно со стороны, где будут соединяться катушки, и ведут в такой последовательности.

Первый обмотчик зачищает конец провода на длине, превышающей на 10—12 см длину паза, а затем, вынув в первом пазу спицу, вставляет вместо нее зачищенный конец провода и проталкивает его до выхода из паза на противоположной стороне сердечника. Второй обмотчик захватывает плоскогубцами выступающий из паза конец провода и протаскивает на свою сторону, а затем, вынув спицу из соответствующего паза, по шагу обмотки вставляет вместо нее конец вытянутого провода и проталкивает его в сторону первого обмотчика. Дальнейший процесс намотки представляет собой повторение описанных выше операций до полного заполнения паза.

Протяжка проводов последних витков катушек затруднена, поскольку приходится протаскивать провод через заполненный паз с большим усилием. Для облегчения протяжки провода натирают тальком. В ремонтной практике обмотчики вместо талька нередко применяют парафин, что не рекомендуется, так как хлопчатобумажная изоляция провода, покрытая слоем парафина, плохо впитывает пропиточные лаки, вследствие чего ухудшаются условия пропитки изоляции пазовой части проводов обмотки, а это может привести к витковым замыканиям в обмотке отремонтированной машины.

При намотке катушек впротяжку первой наматывают внутреннюю катушку, лобовую часть которой укладывают по шаблону, а для намотки остальных катушек на намотанную лобовую часть ставят дистанционные прокладки из электрокартона. Эти прокладки необходимы для создания между лобовыми частями зазоров, служащих для изоляции, а также луч-

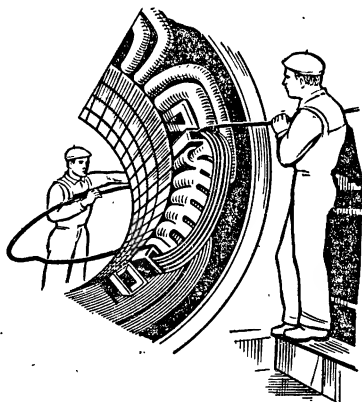


Рис. 147. Намотка катушек статора электрической машины с закрытыми пазами сердечника

шего обдувания головок охлаждающим воздухом в процессе работы машины.

Изоляцию лобовых частей обмотки машин на напряжение до 660 В, предназначенных для работы в нормальной среде, выполняют стеклолентой ЛЭС, причем каждый последующий слой полуперекрывает предыдущий. Каждую катушку группы обматывают, начиная от торца сердечника, таким образом. Сначала обматывают лентой часть изоляционной гильзы, выступающую из паза, а затем часть катушки до конца изгиба. Середины головок группы обматывают общим сло-

ем стеклоленты вполнахлеста. Конец ленты закрепляют на головке клеящим составом или прочно пришивают к ней. Провода обмотки, лежащие в пазу, должны прочно удерживаться в нем, для чего применяют пазовые клинья, изготовляемые главным образом из сухого бука или березы. Клинья делают также из различных изоляционных материалов соответствующей толщины, например из пластмассы, текстолита или гетинакса, и изготовляют на специальных станках.

Длина клина должна быть больше длины сердечника статора на 10 — 15 мм и равна или на 2 — 3 мм меньше длины пазовой изоляции. Толщина клина зависит от формы верхней части паза и его заполнения. Деревянные клинья должны быть толщиной не менее 2 мм. Чтобы придать деревянным клиньям влагостойкость, их проваривают в течение 3 — 4 ч в олифе при 120 — 140 °С, а затем в течение 8 — 10 ч сушат при 100 — 110 °С.

Клинья забивают в пазы мелких и средних машин при помощи молотка и деревянной надставки, а в пазы крупных машин — пневматическим молотком. Окончив укладку катушек в пазы статора и расклиновку обмотки, собирают схему. Если фаза обмотки намотана отдельными катушками, сборку схемы начинают с последовательного соединения катушек в катушечные группы.

За начала фаз принимают выводы катушечных групп, выходящие из пазов, которые расположены вблизи выводного щитка. Эти выводы отгибают к корпусу статора и предварительно соединяют катушечные группы каждой фазы, скручи-

вая защищенные от изоляции концы проводов катушечных групп.

После сборки схемы обмотки проверяют электрическую прочность изоляции между фазами и на корпус приложением напряжения, а также правильность соединения схемы. Для проверки правильности сборки схемы используют самый простой способ — кратковременно подключают статор к сети 127 или 220 В, а затем к поверхности его расточки прикладывают стальной шарик (от шарикоподшипника) и отпускают его. Если шарик вращается по окружности расточки, схема собрана верно. Эту проверку можно произвести также с помощью вертушки. Диск из жести пробивают в центре и укрепляют гвоздем на торце деревянной планки, чтобы он мог свободно вращаться, а затем сделанную таким образом вертушку помещают в расточку статора, подключенного к сети. При правильной сборке схемы диск будет вращаться.

Для проверки правильности сборки, схемы и отсутствия витковых замыканий в обмотках ремонтируемых машин применяют аппарат ЕЛ-1 (рис. 148, а), который служит также для нахождения паза с короткозамкнутыми витками в обмотках статоров, роторов и якорей, проверки правильности соединения обмоток по схеме и маркировки выводных концов фазных обмоток машин. Он обладает высокой чувствительностью, позволяющей выявлять наличие одного короткозамкнутого витка на каждые 2000 витков.

Аппарат ЕЛ-1 переносного типа помещен в металлический кожух с ручкой для переноски. На передней панели аппарата расположены ручки управления, зажимы для присоединения испытываемых обмоток или приспособления для нахождения паза с короткозамкнутыми витками и экран электронно-лучевого индикатора. На задней стенке размещены предохранитель и колодка для присоединения шнура и подключения аппарата к сети.

В нижней части передней панели имеются пять зажимов. Крайний правый зажим служит для присоединения заземляющего провода, зажимы «Вых. имп.» — для присоединения последовательно соединенных испытываемых обмоток или возбуждающего электромагнита приспособления, зажимы «Сигн. явл.» — для подключения подвижного электромагнита приспособления или соединения средней точки испытываемых обмоток.

Масса аппарата 10 кг.

Испытание обмоток с помощью ЕЛ-1 производят, руководствуясь инструкцией, прилагаемой к аппарату. Для выявления дефектов к аппарату присоединяют две одинаковые обмотки или секции, а затем с обеих испытываемых обмоток при помощи синхронного переключателя подают периодически импульсы напряжения на электронно-лучевую трубку аппарата: если в обмотках нет повреждений и они одинаковы, кривые напряжений на экране

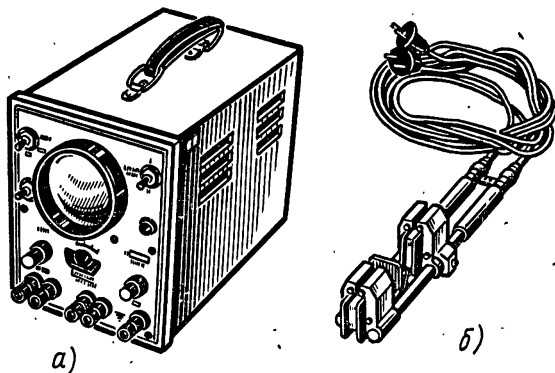


Рис. 148. Электронный аппарат ЕЛ-1 для контрольных испытаний обмоток (а) и приспособление для обнаружения паза с короткозамкнутыми витками (б)

электронно-лучевой трубки будут накладываться друг на друга, а при наличии дефектов — раздваиваться.

Для выявления пазов, в которых находятся короткозамкнутые витки обмотки, пользуются приспособлением с двумя П-образными электромагнитами на 100 и 2000 витков (рис. 148, б). Катушку неподвижного электромагнита (100 витков) присоединяют к зажимам «Вых. имп». аппарата, а катушку подвижного электромагнита (2000 витков) — к зажимам «Сигн. явл.», при этом средняя ручка должна быть поставлена в крайнее левое положение «Работа с приспособлением».

При перестановке обоих электромагнитов приспособления с паза на паз по расточке статора на экране электронно-лучевой трубки будут наблюдаться прямая или кривая линия с малыми амплитудами, свидетельствующая об отсутствии в пазу короткозамкнутых витков, или две кривые линии с большими амплитудами (вывернутыми по отношению друг к другу), указывающие на наличие в пазу короткозамкнутых витков. По этим характерным кривым и находят паз с короткозамкнутыми витками обмотки статора. Подобным образом, переставляя оба электромагнита приспособления по поверхности фазного ротора или якоря машины постоянного тока, находят в них пазы с короткозамкнутыми витками.

При выполнении обмоточных работ наряду с обычными инструментами (молотками, ножами, пассатижами) применяют и специальный инструмент (рис. 149, а — з), облегчающий такие работы, как укладка и уплотнение проводов в пазах, обрезка выступающей из паза изоляции, гибка медных стержней обмоток якорей и ряд других обмоточных операций.

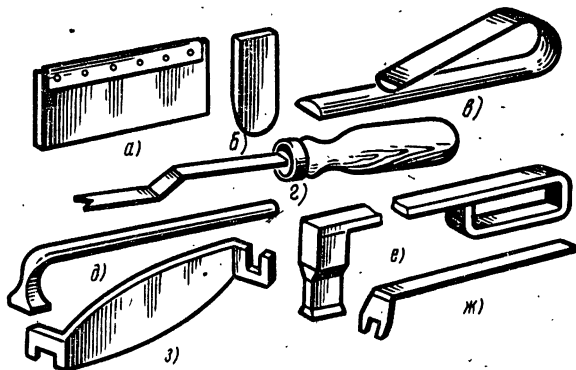


Рис. 149. Набор специального инструмента обмотчика электрических машин:

а — пластинка, *б* — «язык», *в* — обратный клин, *г* — угловой нож, *д* — выколотка, *е* — топорик, *ж* и *з* — ключи для гнутья стержней ротора

Ремонт обмоток роторов. В асинхронных двигателях с фазным ротором распространены два основных типа обмоток: катушечная и стержневая. Способы изготовления выпястных и протяжных катушечных обмоток роторов почти не отличаются от описанных выше способов изготовления таких же обмоток статоров. При изготовлении обмоток роторов необходимо равномерно располагать лобовые части обмотки для обеспечения сбалансированности масс ротора, особенно у бистроходных электродвигателей.

В машинах мощностью до 100 кВт преимущественно применяют стержневые двухслойные волновые обмотки роторов. В этих обмотках, выполненных из медных стержней, повреждаются не сами стержни, а только их изоляция вследствие частых и чрезмерных нагревов, при которых нередко оказывается поврежденной и пазовая изоляция роторов.

При ремонте роторов со стержневыми обмотками медные стержни поврежденной обмотки, как правило, используются повторно, поэтому выемку стержней из пазов производят так, чтобы сохранить каждый стержень и после восстановления изоляции уложить его в тот же паз, в котором он находился до разборки. Для этого ротор эскизируют и делают записи по следующим элементам обмотки: *бандажам* — числу и расположению бандажей, количеству витков и слоев бандажной проволоки, диаметру бандажной проволоки и числу скрепок (замков), количеству слоев и материалу подбандажной изоляции; *лобовым частям* — длине вылетов, направлению изгиба стержней, шагам обмотки (передний и задний), переходам (перемычки), к каким пазам относятся начала и концы фаз; *пазовым частям* — размерам стержня (изолированного и неизо-

лированного), длине стержня в пределах паза и полной длине прямолинейного участка; изоляции — материалу, размерам и числу слоев изоляции стержней, пазовой коробочки, прокладок в пазу и лобовых частях, исполнению изоляции обмоткодержателя и т. д.; балансировочным грузам — их количеству и расположению; схеме — эскизу схемы обмотки с нумерацией пазов и указанием ее отличительных особенностей. Эти эскизы и записи особенно тщательно должны быть сделаны при ремонте машин старых конструкций.

Для выемки стержней обмотки ротора следует предварительно разогнуть замки бандажей и удалить бандаж; замаркировать (в соответствии с нумерацией пазов на чертеже схемы обмотки) все пазы, к которым относятся начала и концы фаз, а также переходные перемычки; удалить клинья из пазов ротора, затем распаять пайки в головках и снять соединительные хомуты.

Специальным ключом (см. рис. 149, з) следует выпрямить расположенные со стороны контактных колец отогнутые лобовые части стержней верхнего слоя, вынуть эти стержни из пазов, при этом на каждом стержне надо выбить номер паза и слоя, после чего в таком же порядке вынуть стержни нижнего слоя. Затем следует очистить стержни от старой изоляции, выправить (отрихтовать) их, удаляя заусенцы и неровности, и зачистить концы металлической щеткой.

В конце операции необходимо очистить пазы сердечника ротора, обмоткодержатели и нажимные шайбы от остатков изоляции и проверить состояние пазов. Если есть неисправности, устранить их.

Извлеченные из пазов ротора стержни, изоляцию которых не удастся удалить механическим путем, обжигают в специальных печах при 600 — 650 °С, не допуская превышения температуры обжига более 650 °С, ухудшающей электрические и механические свойства меди стержней вследствие пережога. Удалять изоляцию с медных стержней можно и химическим путем, погрузив их на 30 — 40 мин в ванну с 6 %-ным раствором серной кислоты. Стержни, вынутые из ванны, следует промыть в щелочном растворе и воде, а затем обтереть чистыми салфетками и просушить. Концы стержней облуживают припоем ПОС 30 или ПОС 40.

У свободных от старой изоляции и отрихтованных стержней восстанавливают изоляцию; новая изоляция по нагревостойкости, способу выполнения и изоляционным свойствам должна соответствовать заводскому исполнению. Восстанавливают также и пазовую изоляцию, укладывая изоляционные прокладки на дно пазов и устанавливая пазовые коробочки так, чтобы обеспечивался их равномерный вылет из пазов с обеих сторон сердечника ротора.

По окончании подготовительных операций приступают к сборке обмотки.

Сборка стержневой обмотки ротора состоит из трех основных видов работ — укладки стержней в пазы сердечника ротора, гибки лобовой части стержней и соединения стержней верхнего и нижнего рядов пайкой или сваркой.

Изолированные стержни, используемые повторно, поступают на укладку в пазы только с одной изогнутой лобовой частью. Гибку вторых концов этих стержней производят специальными ключами после укладки в пазы. Вначале укладывают в пазы стержни нижнего ряда, вставляя их со стороны, противоположной контактным кольцам. Уложив весь нижний ряд стержней, осаживают их прямые участки на дно пазов, а изогнутые лобовые части — на изолированный обмоткодержатель. Концы изогнутых лобовых частей прочно стягивают временным бандажом из мягкой стальной проволоки, плотно прижимая их к обмоткодержателю. Второй временный бандаж из проволоки наматывают посредине лобовых частей. Временные бандажы служат для предотвращения смещения стержней во время дальнейших операций их гибки.

После закрепления стержней временными бандажми приступают к гибке лобовых частей. Стержни гнут с помощью двух специальных ключей (см. рис. 149, ж, з): сначала по шагу, а затем по радиусу, обеспечивая требуемый осевой вылет и плотное прилегание их к обмоткодержателю. Чтобы согнуть стержень, берут в левую руку ключ (см. рис. 149, ж) и зевом надевают его на прямую часть стержня, выходящую из паза сердечника. Держа в правой руке ключ (см. рис. 149, з), надевают его зевом на лобовую часть стержня и подводят вплотную к ключу, показанному на рис. 149, ж, а затем предыдущим ключом изгибают стержень под требуемым углом.

Изогнуть первые стержни сразу на требуемый угол не позволяют прямые части соседних стержней, поэтому первый стержень удается изогнуть только на расстояние между стержнями, второй — на двойное расстояние, третий — на тройное и так до изгиба стержней, занимающих два-три шага обмотки, после чего можно изогнуть стержень на требуемый угол. Последними (дополнительно) изгибают те стержни, с которых была начата гибка.

При помощи специальных ключей загибают также концы стержней, на которые затем будут надевать соединительные хомутики, после чего снимают временные бандажы и на лобовые части накладывают межслоевую изоляцию, а в пазы вставляют прокладки между стержнями верхнего и нижнего слоев.

Фазный ротор асинхронного электродвигателя в процессе сборки стержневой обмотки показан на рис. 150. После укладки стержней нижнего ряда переходят к установке стержней верхнего ряда обмотки, вставляя их в пазы со стороны, противоположной контактным кольцам ротора. Уложив все стержни верхнего ряда, накладывают на них временные бандажы, а их

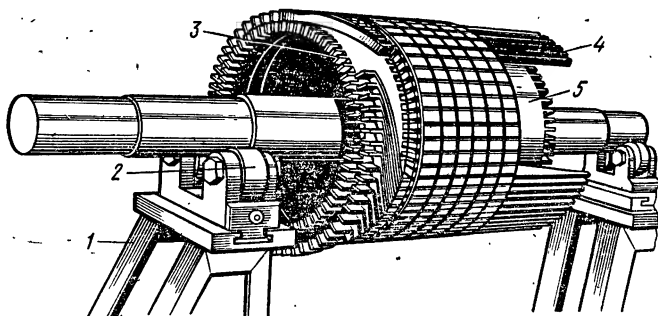


Рис. 150. Фазный ротор асинхронного электродвигателя в процессе сборки стержневой обмотки:

1 — стойка поворотного устройства, 2 — ролик, 3 и 4 — нижний и верхний ряды стержней, 5 — изоляция между верхним и нижним рядами стержней

концы соединяют медной проволокой для проверки изоляции обмотки (отсутствия замыканий на корпус).

При удовлетворительных результатах испытаний изоляции, продолжая процесс сборки обмотки, изгибают концы верхних стержней с помощью приемов, аналогичных приемам изгибания стержней нижнего слоя, но в противоположную сторону. Изогнутые лобовые части верхних стержней также крепят двумя временными бандажами.

После укладки стержней верхнего и нижнего рядов обмотку ротора сушат при $80 - 100^{\circ}\text{C}$ в печи или сушильном шкафу, оборудованном приточно-вытяжной вентиляцией. Высушенную обмотку испытывают, присоединяя один электрод от высоковольтного испытательного трансформатора к любому из стержней ротора, а другой — к сердечнику или валу ротора, и, поскольку предварительно были все стержни соединены между собой медной проволокой, испытывают одновременно изоляции всех стержней.

Заключительными операциями изготовления стержневой обмотки ротора ремонтируемой машины являются соединение стержней, забивка клиньев в пазы и бандажировка обмотки.

Стержни соединяют, облуженными хомутиками, надеваемыми на их концы, а затем припаивают припоем ПОС 40. Хомуты могут быть изготовлены из тонкой полосовой меди или тонкостенной медной трубки требуемого диаметра. Применяют также самозапирающиеся хомуты, изготавливаемые из медной полосы толщиной $1 - 1,5$ мм. Один конец такого хомуты имеет фигурный выступ, а другой — соответствующий ему вырез. При загибании хомутыка выступ входит в вырез и образует замок, препятствующий разгибанию хомутыка.

Хомутики надевают (согласно схеме) на концы стержней, забивают между ними по одному медному контактному клину*, а затем пропаивают соединение паяльником, используя припой ПОС 40, или погружают концы стержней собранной обмотки ротора в ванну с расплавленным припоем. В целях экономии дорогостоящего оловянисто-свинцового припоя используют также соединение медных стержней электросваркой, однако этот способ имеет ряд недостатков, например снижает ремонтпригодность машины, поскольку разборка стержней, соединенных сваркой, связана с необходимостью больших затрат труда на разъединение и зачистку сварных участков при последующих ремонтах. Для повышения надежности машин применяют соединение стержней пайкой твердыми (медно-фосфорными, медно-цинковыми и другими) припоями.

Обмотки фазных роторов асинхронных электродвигателей соединяют преимущественно по схеме «в звезду».

По окончании сборки, пайки и испытания стержней обмотки и соединения ее проводов с контактными кольцами приступают к бандажировке ротора.

При ремонте электрических машин с фазными роторами иногда приходится изготавливать новые стержни. Такая необходимость может быть вызвана повреждением не только изоляции, но и самих стержней обмотки, заменой имеющейся поврежденной катушечной обмотки на стержневую и др.

Изготовление новых стержней требует выполнения гибочных операций большого объема. В крупных электроремонтных цехах и на электроремонтных заводах операции гибки вновь изготовленных стержней роторов осуществляют при помощи специальных приспособлений или гибочных станков.

Простой пневматический станок для гибки (формовки) стержней роторов и якорей показан на рис. 151, а, б. Формовку стержней на этом станке производят следующим образом. Заготовку, подлежащую формовке, укладывают в паз нижней части сменного штампа, состоящего из подвижной 5 и неподвижной части 6, перемещающейся (под воздействием пневмоцилиндра 9) вверх и вниз. Неподвижная часть имеет вогнутую, а подвижная — выпуклую форму кривизны, соответствующую форме кривизны лобовой части стержня. При включении пневмокрana приходит в движение пневмоцилиндр 9, под действием которого верхняя половина штампа изгибает лобовую часть 4 стержня по радиусу, а рычаги 3 загибают выводной конец и пазовую часть заготовки. Рычаги 3 приводятся в движение поводками 2, закрепленными на зубчатом колесе 7, которое поворачивается от рейки 8, связанной со штоком пневмоцилиндра 1. После гибки стержни изолируют.

*. Контактные клинья служат для создания надежного контакта между концами стержней, поскольку слои стержней разделены изоляцией и поэтому их концы не могут плотно прилегать друг к другу.

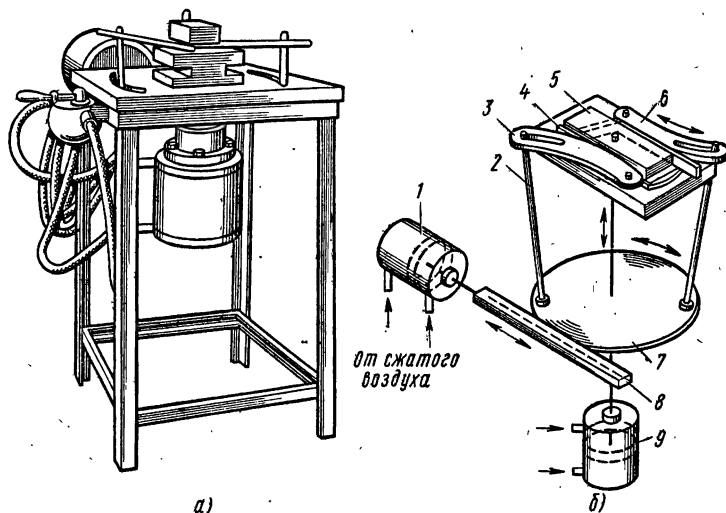


Рис. 151. Пневматический станок для гнутья стержней роторов и якорей электрических машин:

a — общий вид, *б* — кинематическая схема; 1 и 9 — пневмоцилиндры, 2 — поводок, 3 — гибочный рычаг, 4 — лобовая часть стержня, 5 и 6 — подвижная и неподвижная части штампа, 7 — зубчатое колесо, 8 — рейка

Чтобы получить монолитный стержень с точно заданными размерами, пазовую часть стержня опрессовывают в специальных прессах. Опрессованные стержни плотно укладываются в пазы сердечника ротора и в то же время обладают хорошей теплоотдачей.

подавляющее большинство асинхронных электрических машин мощностью до 100 кВт выпускаются промышленностью с короткозамкнутыми роторами, у которых обмотки имеют вид «беличьей клетки», изготовленной из алюминия методом литья.

повреждение короткозамкнутого ротора чаще всего выражается в появлении трещин и обрыве стержня, реже — в поломке лопаток вентилятора. Появление трещин и обрыв стержней являются следствием нарушения технологии заливки пазов ротора алюминием, допущенного заводом-изготовителем.

Ремонт ротора с поврежденным стержнем заключается в его перезаливке после выплавки из ротора алюминия и очистки пазов. В небольших электроремонтных цехах заливку ротора алюминием производят в специальной форме — кокиле (рис. 152), состоящем из верхней 4 и нижней 7 половин, в которых имеются кольцевые канавки и углубления для образования при заливке короткозамыкающих колец и вентиляционных лопаток.

Для предотвращения вытекания алюминия из пазов при заливке служит чугунная разъемная рубашка 5. Перед заливкой пакет 6 ротора собирают на технологическую оправку 2, а затем опрессовывают на прессе и запирают на оправке кольцом 1.

В таком виде собранный пакет устанавливают в подготовленный кокиль. Ротор заливают расплавленным алюминием через литниковую чашу 3. После остывания алюминия кокиль разбирают. Отделяют (при помощи зубила и молотка) у ротора литник, а затем выпрессовывают на прессе технологическую оправку.

Ротор, устанавливаемый под заливку, должен иметь нормально спрессованный пакет сердечника, подогретый до $550-600^{\circ}\text{C}$ для лучшей адгезии (сцепления) алюминия со стальным пакетом сердечника ротора.

На крупных электромашиностроительных и электроремонтных заводах короткозамкнутые роторы заливают алюминием центробежным или вибрационным способом, а также литьем под давлением.

Наиболее эффективна заливка ротора алюминием под низким давлением, поскольку расплав алюминия подается в форму непосредственно из печи, что исключает возможность окисления металла, происходящего при других способах заливки.

Другое преимущество этого способа состоит в том, что при заливке форма заполняется алюминием снизу и поэтому улучшаются условия удаления воздуха из формы.

Процесс заливки осуществляется следующим образом. В тигель 6 печи 8 (рис. 153) заливают алюминий, очищенный от пленок и газа, и герметически закрывают тигель. Пакет 4 ротора, набранный на оправку 3, вставляют в неподвижную часть 5 формы. Подвижная часть 2 формы, опускаясь вниз, допрессовывает пакет ротора с необходимым усилием.

При включении пневмокрana (на рисунке не показан) через воздухопровод 1 в верхнюю часть тигля плавно подают сжатый воздух. Чистый металл по металлопроводу 7 поднимается вверх и заполняет форму. Скорость подъема металла можно регулировать изменением давления сжатого воздуха. После того как алюминий в форме затвердеет, переключают пневмокран и верхняя полость тигля сообщается с атмосферой, давление в ней падает до нормаль-

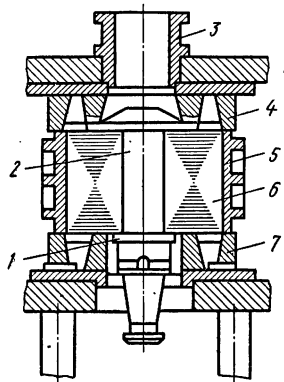


Рис. 152. Кокиль для заливки короткозамкнутого ротора алюминием:

1 — кольцо, 2 — оправка, 3 — чаша, 4 и 7 — верхняя и нижняя половины кокиля, 5 — рубашка, 6 — пакет ротора

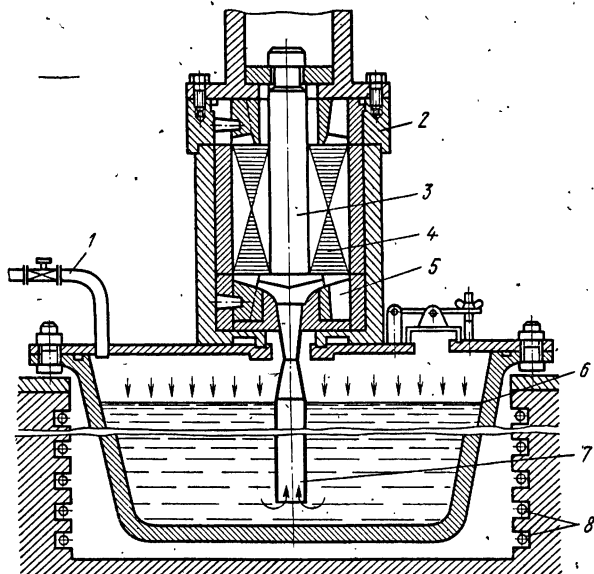


Рис. 153. Схема заливки роторов алюминием способом литья под низким давлением:

1 — воздухопровод, 2 и 5 — подвижная и неподвижная части формы, 3 — оправка, 4 — пакет ротора, 6 — тигель, 7 — металлопровод, 8 — печь

ного. Жидкий алюминий из металлопровода опускается в тигель. Форму раскрывают и из нее извлекают залитый ротор. Структура металла отливки при этом способе получается плотной, а качество отливки — высоким.

Способ заливки ротора под низким давлением эффективен, но нуждается в дальнейшем совершенствовании с целью снижения трудоемкости и повышения производительности процесса.

Ремонт обмоток якорей. Основными неисправностями обмоток якорей являются электрический пробой изоляции на корпус или бандаж, замыкание между витками и секциями, механические повреждения паяк. При подготовке якоря к ремонту с заменой обмотки очищают его от грязи и масла, снимают старые бандажи и, распаяв коллектор, удаляют старую обмотку, предварительно записав все данные, необходимые для ремонта.

В якорях с миканитовой корпусной изоляцией часто бывает очень трудно извлечь секции обмотки из пазов. Если секции вынуть не удается, нагревают якорь в сушильном шкафу до

120 — 150 °С, поддерживая эту температуру в течение 40 — 50 мин, и после этого их извлекают, используя тонкий шлифованный клин, который для поднятия верхних секций вбивают между верхней и нижней секциями, а для поднятия нижних — между нижней секцией и дном паза. Паза якоря, освобожденного от обмотки, очищают от остатков старой изоляции и обрабатывают напильниками, а затем дно и стенки пазов покрывают электроизоляционным лаком БТ-99.

В машинах постоянного тока применяют стержневые и шаблонные обмотки якорей. Стержневые обмотки якорей выполняются аналогично стержневым обмоткам роторов, описанным выше. Для намотки секций шаблонной обмотки используют изолированные провода, а также медные шины, изолированные лакотканью или микалентой.

Секции шаблонной обмотки наматывают на универсальных шаблонах, которые позволяют производить намотку, а затем растяжку небольшой секции, не снимая ее с шаблона. Растяжку секций якорей крупных машин выполняют на специальных станках с механическим приводом. Перед растяжкой секцию скрепляют, временно оплетая ее хлопчатобумажной лентой в один слой, чтобы обеспечить правильное формирования секции при растяжке. Катушки шаблонных обмоток изолируют вручную, а на крупных ремонтных предприятиях — на специальных изолировочных станках. При вкладывании шаблонной катушки надо следить за правильным ее положением в пазу: концы катушки, обращенные в сторону коллектора, а также расстояние от края стали сердечника до перехода прямой (пазовой) части в лобовую должны быть одинаковыми. После укладки всех катушек и проверки правильности выполненных операций присоединяют провода обмотки к пластинам коллектора пайкой с использованием припоя ПОС 40.

Присоединение пайкой проводов обмотки якоря к пластинам коллектора — одна из ответственных операций ремонта. Пайка, выполненная некачественно, вызывает местное увеличение сопротивления и повышенный нагрев участка соединения при работе машины, что может привести к ее аварийному выходу из строя.

Для выполнения операций пайки предварительно защищают обмотку якоря, покрывая ее листами асбестового картона, затем устанавливают якорь с коллектором в наклонном положении, чтобы при пайке не допустить затекания припоя в пространство между пластинами. Далее вкладывают зачищенные концы проводов обмотки в прорези пластин или петушков, посыпают порошком канифоли, нагревают (пламенем паяльной лампы или газовой горелки) равномерно коллектор до 180 — 200 °С и, расплавляя паяльником прутки припоя, припаивают провода обмотки к пластинам.

Качество пайки проверяют внешним осмотром, измерением переходного сопротивления между соседними парами пластин,

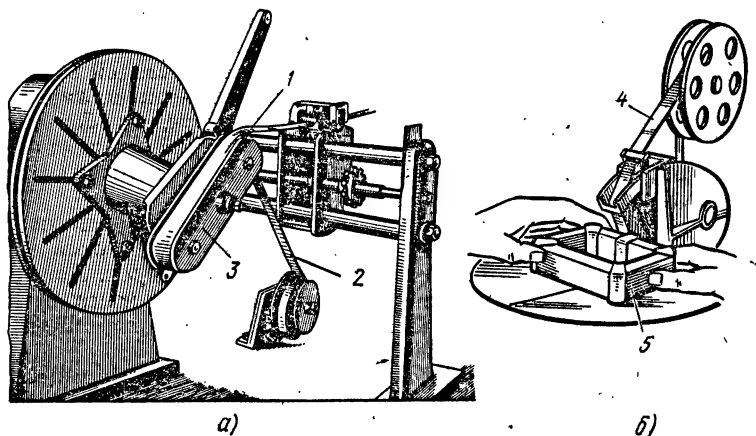


Рис. 154. Станки для изготовления полюсных катушек:

а — для намотки катушки из полосовой меди, *б* — для изолировки намотанной катушки; 1 — медная шина, 2 и 4 — миканитовая и киперная ленты, 3 — шаблон, 5 — полюсная катушка

пропусканьем рабочего тока по обмотке якоря. На поверхности пластин и между ними не должно быть застывших капель припоя. При качественно выполненной пайке переходное сопротивление между всеми парами пластин коллектора должно быть одинаковым. Пропускание по обмотке якоря в течение 25 — 30 мин номинального рабочего тока не должно вызывать повышенные местные нагревы, свидетельствующие о неудовлетворительной пайке.

Ремонт катушек полюсов. У электрических машин постоянного тока, поступающих в ремонт, чаще всего оказываются поврежденными катушки дополнительных полюсов, намотанные прямоугольной медной шиной плашмя или на ребро. Повреждается не сама медная шина катушки, а изоляция между ее витками. Ремонт катушки сводится к восстановлению междувитковой изоляции путем перематки катушки.

Катушку перематывают на намоточном станке (рис. 154, *а*), а затем изолируют на изолировочном станке (рис. 154, *б*). Изолированную катушку стягивают хлопчатобумажной лентой и прессуют, для чего надевают на оправку торцевую изоляционную шайбу, устанавливают на ней катушку и накрывают второй шайбой, а затем сжимают катушку на оправке, присоединяют к сварочному трансформатору, нагревают до 120 °С и, дополнительно сжимая ее, прессуют окончательно, после чего охлаждают в запрессованном положении на оправке до 25 °С. Снятую с оправки охлажденную катушку покрывают лаком

воздушной сушки и выдерживают в течение 10 — 12 ч при 20 — 25 °С.

Наружную поверхность опрессованной катушки изолируют асбестовой, а затем миканитовой лентами и покрывают лаком. Готовую катушку насаживают на дополнительный полюс и закрепляют на нем деревянными клиньями.

Сушка и пропитка обмоток. Некоторые изоляционные материалы (электрокартон, хлопчатобумажные ленты), применяемые в обмотках, способны впитывать в себя влагу, содержащуюся в окружающей среде. Такие материалы называют гигроскопичными. Наличие влаги в электроизоляционных материалах препятствует при пропитке обмотки глубокому проникновению пропиточных лаков в поры и капилляры изоляционных деталей, поэтому перед пропиткой обмотки сушат.

Сушку (до пропитки) обмоток* статоров, роторов и якорей производят в специальных печах при 105 — 200 °С. В последнее время ее выполняют инфракрасными лучами, источниками которых являются специальные лампы накаливания.

Просушенные обмотки пропитывают в специальных пропиточных ваннах, устанавливаемых в отдельном помещении, которое оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией и необходимыми средствами пожаротушения.

Пропитка осуществляется погружением частей электрической машины в ванну, заполненную лаком, поэтому размеры ванны должны быть рассчитаны на габаритные размеры ремонтируемых машин. Для повышения проникающей способности лака и улучшения условий пропитки ванны оборудованы устройством для подогрева лака. Ванны для пропитки статоров и роторов крупных электрических машин снабжены пневморычажным механизмом, позволяющим поворотом рукоятки распределительного крана плавно и без усилий открывать и закрывать тяжелую крышку ванны.

Для пропитки обмоток применяют масляные и масляно-битумные пропиточные лаки воздушной или печной сушки, а в особых случаях — кремнийорганические лаки. Пропиточные лаки должны иметь малую вязкость и высокую проникающую способность. В лаке не должно быть веществ, оказывающих агрессивное воздействие на изоляцию проводов и обмотки. Пропиточные лаки должны длительное время выдерживать воздействие рабочей температуры, не теряя при этом своих изолирующих свойств.

Обмотки электрических машин пропитывают 1, 2 или 3 раза в зависимости от условий их эксплуатации, требований элек-

*. Сушка обмоток до пропитки может не производиться, когда обмотка выполнена проводами с влагостойкой изоляцией (эмалированными обмоточными или с стекловолокнуистой изоляцией), а изоляция пазов — из стеклоткани или других негигроскопичных материалов, аналогичных ей по своим электроизоляционным свойствам.

трической прочности, окружающей среды, режима работы и т. д. При пропитке обмоток непрерывно проверяют вязкость и густоту лака в ванне, так как растворители лаков постепенно улетучиваются и лаки густеют. При этом сильно снижается их способность проникать в изоляцию проводов обмотки, расположенных в пазах сердечника статора или ротора, особенно у густых лаков при плотной укладке проводов в пазах. Недостаточная изоляция обмоток при определенных условиях может привести к электрическому пробое изоляции. Для сохранения требуемой густоты лака в пропиточную ванну периодически добавляют растворители.

Обмотки электрических машин после пропитки сушат в специальных камерах подогретым воздухом. По способу нагрева различают сушильные камеры с электрическим, газовым или паровым подогревом, по принципу циркуляции подогретого воздуха — с естественной или искусственной (принудительной) циркуляцией, по режиму работы — периодического и непрерывного действия.

Для многократного использования тепла подогретого воздуха и улучшения режима сушки в камерах используется способ рециркуляции, при котором 50 — 60 % отработавшего горячего воздуха вновь возвращается в сушильную камеру. Для сушки обмоток на большинстве электроремонтных заводов и в электроцехах промышленных предприятий применяют сушильные камеры с электрическим обогревом.

Эта камера представляет собой сварную каркасную конструкцию из стали, установленную на бетонном полу. Стены камеры выложены кирпичом и слоем шлаковаты. Воздух, подаваемый в камеру, подогревается электрическими калориферами, состоящими из комплекта трубчатых нагревательных элементов. Загрузку и выгрузку камеры осуществляют при помощи тележки, движением которой (вперед и назад) можно управлять с пульта управления. Пусковые и включающие аппараты вентилятора и нагревательных элементов камеры заблокированы так, что нагревательные элементы можно включать только после запуска вентилятора. Движение воздуха через калорифер в камеру происходит по замкнутому циклу.

В первый период сушки (1 — 2 ч после начала), когда содержащаяся в обмотках влага быстро испаряется, отработавший воздух полностью выпускается в атмосферу; в последующие часы сушки часть отработавшего подогретого воздуха, содержащего небольшие количества влаги и паров растворителя, возвращается в камеру. Максимальная температура, поддерживаемая в камере, зависит от конструкции и класса нагревостойкости изоляции, но обычно не превышает 200 °С, а полезный внутренний объем определяется габаритными размерами ремонтируемых электрических машин.

Во время сушки обмоток ведется непрерывный контроль температуры в сушильной камере и воздуха, выходящего из

камеры. Время сушки зависит от конструкции и материала пропитанных обмоток, габаритных размеров изделия, свойств пропиточного лака и примененных растворителей, температуры сушки и способа циркуляции воздуха в сушильной камере, тепловой мощности калорифера.

Обмотки устанавливают в сушильную камеру таким образом, чтобы они лучше омывались горячим воздухом. Процесс сушки разделяется на разогрев обмоток для удаления растворителей и запекание лаковой пленки.

При разогреве обмоток для удаления растворителя повышение температуры более $100-110^{\circ}\text{C}$ нежелательно, поскольку может произойти частичное удаление лака из пор и капилляров, а главное, частичное запекание лаковой пленки при неполном удалении растворителя. Это обычно приводит к пористости пленки и затрудняет удаление остатков растворителя.

Интенсивный воздухообмен ускоряет процесс удаления растворителей из обмоток. Скорость обмена воздуха обычно выбирают в зависимости от конструкции, состава изоляции обмоток, пропиточных лаков и растворителей. Для сокращения времени сушки допускается на второй стадии сушки обмоток, т.е. во время запекания лаковой пленки, кратковременно (не более чем на 5–6 ч) повысить температуру сушки обмоток с изоляцией класса А до $130-140^{\circ}\text{C}$. Если обмотка не поддается сушке (сопротивление изоляции после нескольких часов сушки остается низким), машине дают остыть до температуры, превышающей температуру окружающего воздуха на $10-15^{\circ}\text{C}$, а затем вновь сушат обмотку. При остывании машины следят, чтобы ее температура не понизилась до температуры окружающего воздуха, иначе на ней осядет влага и обмотка отсыреет.

На крупных электроремонтных предприятиях процессы пропитки и сушки совмещены и механизированы. Для этой цели применяют специальную пропиточно-сушильную конвейерную установку.

Испытание обмоток. Основными показателями качества изоляции обмотки, определяющими надежность работы электрической машины, являются сопротивление и электрическая прочность. Поэтому в процессе изготовления обмоток ремонтируемых машин производят необходимые испытания при каждом переходе от одной технологической операции к другой. По мере выполнения операций изготовления обмотки и движения к завершающей стадии испытательные напряжения снижаются, приближаясь к допустимым, предусмотренным соответствующими нормами. Это объясняется тем, что после выполнения нескольких отдельных операций каждый раз сопротивление изоляции может уменьшаться. Если на отдельных стадиях ремонта не снижать испытательные напряжения, может произойти пробой изоляции в такой момент готовности обмотки,

когда для устранения дефекта потребуется переделка всей работы, проделанной ранее.

Испытательные напряжения должны быть такими, чтобы в процессе испытаний выявлялись дефектные участки изоляции, но в то же время не повреждалась ее исправная часть. Испытательные напряжения по ходу процесса ремонта обмоток приведены в табл. 7.

Таблица 7. Испытательное напряжение
в процессе ремонта обмоток

Процесс ремонта	Испытательное напряжение, В, при номинальном напряжении машины, В		
	до 230	400	660
Изготовление или переизолировка катушки после укладки в пазы и заклиновки, но до соединения схемы	2000	2300	2600
То же, после соединения пайки и изолировки схемы	1700	2000	2200
Испытание катушки, не демонтированной из пазов	1300	1600	1800
Испытание всей обмотки после соединения схемы при частичном ремонте обмоток . . .	1100	1300	1600

Примечание. Продолжительность испытаний - 1 мин.

В перечень испытаний обмоток входит измерение сопротивления изоляции обмоток до пропитки и после пропитки и сушки. Кроме того, испытывают электрическую прочность изоляции обмоток приложением высокого напряжения.

После пропитки и сушки сопротивление изоляции обмоток электродвигателей напряжением до 660 В, измеренное мегаомметром на 1000 В, должно быть не ниже: 3 МОм — для обмотки статора и 2 МОм — для обмотки ротора (после полной перемотки); 1 МОм — для обмотки статора и 0,5 МОм — для обмотки ротора (после частичной перемотки). Указанные сопротивления изоляции обмоток не нормированы, а рекомендованы исходя из практики ремонта и эксплуатации отремонтированных электрических машин.

Все электрические машины после ремонта должны быть подвергнуты соответствующим испытаниям. При испытаниях, выборе измерительных приборов для них, сборке схемы измерений, подготовке испытываемой машины, установлении методики и норм испытаний, а также для оценки результатов испытаний следует руководствоваться соответствующими ГОСТами и указаниями.

§ 46. БАНДАЖИРОВАНИЕ И БАЛАНСИРОВКА РОТОРОВ И ЯКОРЕЙ

Бандажирование. При вращении роторов и якорей электрических машин возникают центробежные силы, стремящиеся вытолкнуть обмотку из пазов и отогнуть ее лобовые части. Чтобы противодействовать центробежным силам и удерживать обмотку в пазах, используют расклиновку и бандажирование обмоток роторов и якорей.

Применение способа крепления обмоток (клиньями или бандажами) зависит от формы пазов ротора или якоря. При полукрытой и полукрытой формах пазов используют только клинья, а при открытой — бандажи или клинья. Пазовые части обмоток в сердечниках якорей и роторов закрепляют при помощи клиньев или бандажей из стальной бандажной проволоки либо стеклоленты, а также одновременно клиньями и бандажами; лобовые части обмоток роторов и якорей — бандажами. Надежное крепление обмоток имеет важное значение, поскольку необходимо для противодействия не только центробежным силам, но и динамическим усилиям, воздействию которых подвергаются обмотки при резких изменениях в них тока. Для бандажирования роторов применяют стальную луженую проволоку диаметром 0,8—2 мм, обладающую большим сопротивлением на разрыв.

Перед намоткой бандажей лобовые части обмотки осаживают ударами молотка через деревянную прокладку, чтобы они ровно располагались по окружности. При бандажировании ротора пространство под бандажами предварительно покрывают полосками электрокартона, чтобы создать изоляционную прокладку между сердечником ротора и бандажом, выступающую на 1—2 мм по обеим сторонам бандажа. Весь бандаж наматывают одним куском проволоки, без паяк. На лобовых частях обмотки во избежание их вспучивания накладывают витки проволоки от середины ротора к его концам. При наличии у ротора специальных канавок проволоки бандажа и замки не должны выступать над канавками, а при отсутствии канавок толщина и расположение бандажей должны быть такими, какими они были до ремонта.

Скобки, устанавливаемые на роторе, следует размещать над зубцами, а не над пазами, при этом ширина каждой из них должна быть меньше ширины верхней части зубца. Скобки на бандажах расставляют равномерно по окружности роторов с расстоянием между ними не более 160 мм.

Расстояние между двумя соседними бандажами должно быть 200—260 мм. Начало и конец бандажной проволоки заделывают двумя замочными скобками шириной 10—15 мм, которые устанавливают на расстоянии 10—30 мм одна от другой. Край скобок завертывают на витки бандажа и запаивают припоем ПОС 40.

Полностью намотанные бандажы для увеличения прочности и предотвращения их разрушения центробежными усилиями, создаваемыми массой обмотки при вращении ротора, пропаивают по всей поверхности припоем ПОС 30 или ПОС 40. Пайку бандажей производят электродуговым паяльником с медным стержнем диаметром 30—50 мм, присоединяемым к сварочному трансформатору.

В ремонтной практике нередко проволочные бандажы заменяют выполненными стеклолентами из однопроволочного (в продольном направлении) стеклянного волокна, пропитанного термореактивными лаками. Для наматывания бандажей из стеклоленты применяют то же оборудование, что и для бандажирования стальной проволокой, но дополненное приспособлениями в виде натяжных роликов и укладчиков ленты.

В отличие от бандажирования стальной проволокой ротор до наматывания на него бандажей из стеклоленты прогревают до 100°C. Такой прогрев необходим потому, что при наложении бандаж на холодный ротор остаточное напряжение в бандаже при его запекании снижается больше, чем при бандажировании нагретого.

Сечение бандаж из стеклоленты должно не менее чем в 2 раза превосходить сечение соответствующего бандаж из проволоки. Крепление последнего витка стеклоленты с нижележащим слоем происходит в процессе сушки обмотки при спекании термореактивного лака, которым пропитана стеклолента. При бандажировании обмоток роторов стеклолентой не применяют замки, скобки и подбандажную изоляцию, что является преимуществом этого способа.

Балансировка. Отремонтированные роторы и якоря электрических машин подвергают статической, а при необходимости и динамической балансировке в сборе с вентиляторами и другими вращающимися частями. Балансировку производят на специальных станках для выявления неуравновешенности (дисбаланса) масс ротора или якоря, являющейся частой причиной возникновения вибрации при работе машины.

Ротор и якорь состоят из большого количества деталей и поэтому распределение масс в них не может быть строго равномерным. Причины неравномерного распределения масс — разная толщина или масса отдельных деталей, наличие в них раковин, неодинаковый вылет лобовых частей обмотки и др. Каждая из деталей, входящих в состав собранного ротора или якоря, может быть неуравновешенной вследствие смещения ее осей инерции от оси вращения. В собранном роторе и якоре неуравновешенные массы отдельных деталей в зависимости от их расположения могут суммироваться или взаимно компенсироваться. Роторы и якоря, у которых главная центральная ось инерции не совпадает с осью вращения, называют неуравновешенными. Неуравновешенность,

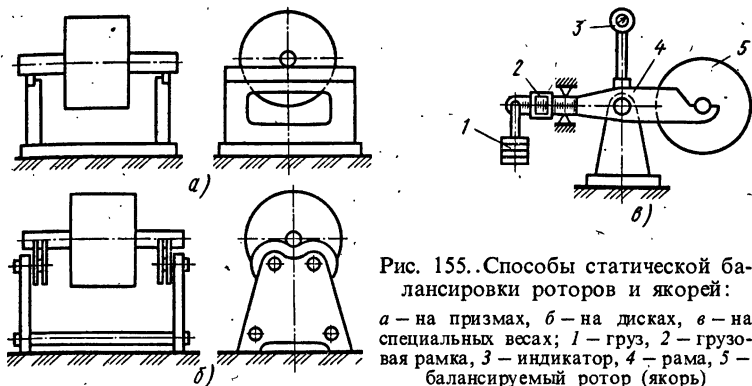


Рис. 155. Способы статической балансировки роторов и якорей:

а — на призмах, *б* — на дисках, *в* — на специальных весах; 1 — груз, 2 — грузовая рамка, 3 — индикатор, 4 — рама, 5 — балансируемый ротор (якорь)

как правило, складывается из суммы двух неуравновешенностей — статической и динамической.

Вращение статически и динамически неуравновешенного ротора и якоря вызывает вибрацию, способную разрушить подшипники и фундамент машины. Разрушающее воздействие неуравновешенных роторов и якорей устраняют путем их балансировки, которая заключается в определении размера и места неуравновешенной массы.

Неуравновешенность определяют статической или динамической балансировкой. Выбор способа балансировки зависит от требуемой точности уравнивания, которой можно достигнуть на имеющемся оборудовании. При динамической балансировке получаются более высокие результаты компенсации неуравновешенности (меньшая остаточная неуравновешенность), чем при статической. Такой балансировкой можно устранить как динамический, так и статический небаланс. При необходимости устранения неуравновешенности (дисбаланса) на обоих торцах ротора или якоря должна производиться только динамическая балансировка. Статическую балансировку выполняют при невращающемся роторе на призмах (рис. 155, *а*), дисках (рис. 155, *б*) или специальных весах (рис. 155, *в*). Такой балансировкой можно устранить только статическую неуравновешенность.

Для определения неуравновешенности ротор выводят из равновесия легким толчком. Неуравновешенный ротор (якорь) будет стремиться возвратиться в такое положение, при котором его тяжелая сторона окажется внизу. После остановки ротора отмечают мелом место, оказавшееся в верхнем положении. Прием повторяют несколько раз, чтобы проверить, останавливается ли ротор (якорь) всегда в этом положении. Остановка ротора в одном и том же положении указывает на смещение центра тяжести.

В отведенное для балансировочных грузов место (чаще всего это внутренний диаметр обода нажимной шайбы) устанавливают пробные грузы, прикрепляя их с помощью замаски. После этого повторяют прием балансировки. Прибавляя или уменьшая массу грузов, добиваются остановки ротора в любом, произвольно взятом положении. Это означает, что ротор статически уравновешен, т.е. его центр тяжести совмещен с осью вращения. По окончании балансировки пробные грузы заменяют одним такого же сечения и массы, равной массе пробных грузов и замаски и уменьшенной на массу части электрода, которая пойдет на приварку постоянного груза. Неуравновешенность можно компенсировать высверливанием соответствующей части металла с тяжелой стороны ротора.

Более точной, чем на призмах и дисках, является балансировка на специальных весах. Балансируемый ротор 5 устанавливают шейками вала на опоры рамы 4, которая может поворачиваться вокруг своей оси на некоторый угол. Поворачивая балансировочный ротор, добиваются наибольшего показания индикатора 3, которое будет при условии расположения центра тяжести ротора, показанного на рисунке (в наибольшем удалении от оси поворота рамы). Добавлением к грузу 1 дополнительного груза — рамки 2 с делениями добиваются уравновешивания ротора, которое определяют по стрелке индикатора. В момент уравновешивания стрелка совмещается с нулевым делением.

Если повернуть ротор на 180° , его центр тяжести приблизится к оси качания рамы на двойной эксцентриситет смещения центра тяжести ротора относительно его оси. Об этом моменте судят по наименьшему показанию индикатора. Ротор уравновешивают вторично передвижением грузовой рамки 2 по линейке со шкалой, отградуированной в граммах на сантиметр. О величине неуравновешенности судят по показаниям шкалы весов.

Статическая балансировка применяется для роторов, вращающихся с частотой, не превышающей 1000 об/мин. Статически уравновешенный ротор (якорь) может иметь динамическую неуравновешенность, поэтому роторы, вращающиеся с частотой выше 1000 об/мин, чаще всего подвергают динамической балансировке, при которой одновременно устраняются оба вида неуравновешенностей — статическая и динамическая.

Динамическую балансировку при ремонте электрических машин производят на балансировочном станке при пониженной (по сравнению с рабочей) частоте вращения или при вращении ротора (якоря) в собственных подшипниках при рабочей частоте вращения.

Для динамической балансировки наиболее удобен станок резонансного типа (рис. 156), состоящий из двух сварных

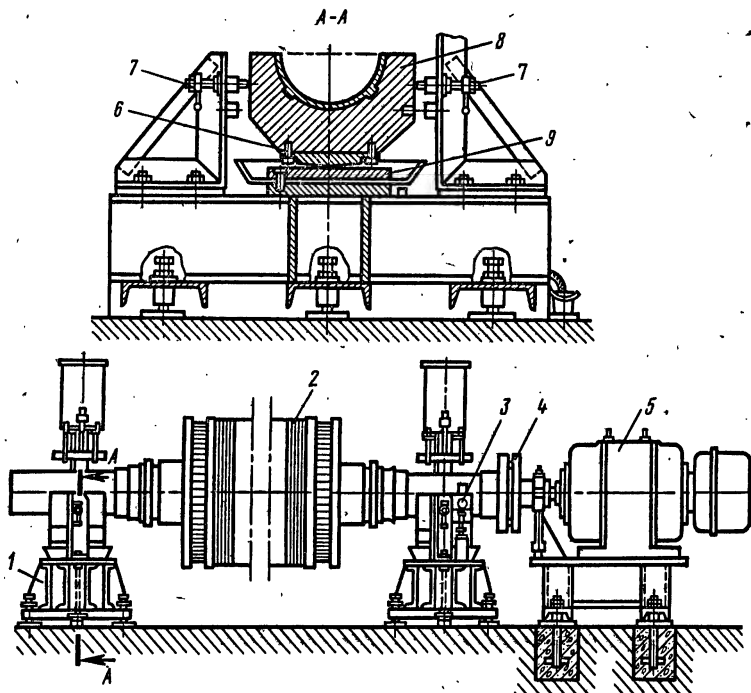


Рис. 156. Станок резонансного типа для динамической балансировки роторов и якорей

стоек 1, опорных плит 9 и балансировочных головок. Головки, состоящие из подшипников 8 и сегментов 6, могут быть закреплены неподвижно болтами 7 либо свободно качаться на сегментах. Балансируемый ротор 2 приводится во вращательное движение электродвигателем 5. Муфта расцепления 4 служит для отсоединения вращающегося ротора от привода в момент балансировки.

Динамическая балансировка роторов состоит из двух операций: измерения первоначальной вибрации, дающей представление о размерах неуравновешенности масс ротора; нахождения точки размещения и определения массы уравновешивающего груза для одного из торцов ротора.

При первой операции головки станка закрепляют болтами 7. Ротор 2 при помощи электродвигателя 5 приводится во вращение, после чего привод отключают, расцепляя муфту, и освобождают одну из головок станка. Освобожденная головка под действием радиально направленной силы небаланса

раскачивается, что позволяет измерить стрелочным индикатором Δ амплитуду колебания головки. Такое же измерение производится для второй головки.

Вторая операция выполняется методом «обхода грузом». Разделив обе стороны ротора на шесть равных частей, закрепляют в каждой точке поочередно пробный груз, который должен быть несколько меньше предполагаемого небаланса. Затем описанным выше способом измеряют колебания головки для каждого положения груза. Необходимым местом размещения груза будет точка, у которой амплитуда колебаний минимальная. Массу груза подбирают опытным путем.

Выполнив балансировку одной стороны ротора, уравнивают таким же способом его другую сторону. Окончив балансировку обеих сторон ротора, окончательно закрепляют временно установленный груз путем сварки либо винтами, при этом учитывают массу сварочного шва или винтов.

В качестве груза используют чаще всего куски полосовой стали. Крепление груза должно быть надежным, поскольку недостаточно прочно закрепленный груз может в процессе работы машины оторваться от ротора и вызвать тяжелую аварию или несчастный случай.

Закрепив постоянный груз, ротор подвергают проверочной балансировке и при удовлетворительных результатах передают в сборочное отделение для сборки машины.

§ 47. СБОРКА И ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Сборка. Технологический процесс, при котором последовательным выполнением операций соединения готовых деталей создается сборочная единица или готовое изделие, отвечающее определенным техническим требованиям или стандартам, называется сборкой.

Сборку, объектом которой является готовое изделие в целом, например электрическая машина, называют общей. Общая сборка — завершающий этап ремонта электрической машины, в процессе которого соединяют ротор со статором при помощи подшипниковых щитов с подшипниками и собирают остальные детали машины. Как правило, общая сборка любой машины ведется в последовательности, обратной разборке.

Особенность работы электрослесаря по ремонту электрических машин заключается в том, что ему чаще всего приходится полностью разбирать и собирать электрические машины различных конструкций, в то время как слесарь-сборщик на электромашиностроительном заводе собирает только отдельные детали машины или машины одной серии. Поэтому у электрослесаря-ремонтника должны быть выработана-

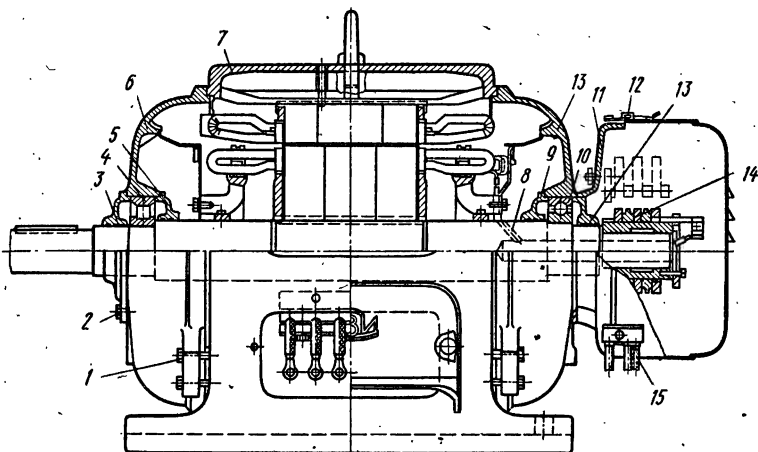


Рис. 157. Асинхронный электродвигатель АК-92

ны навыки, необходимые для самостоятельного выполнения всех сборочных операций.

Перед сборкой машины убеждаются, что все ее детали и сборочные единицы очищены, промыты, отремонтированы и испытаны. Сборку машины надо выполнять так, чтобы не повредить обмотки, коллектор, щеткодержатели, щеточный аппарат, смазочные кольца подшипников скольжения и другие детали машины. При сборке кроме обычных инструментов применяют специальные инструменты и приспособления, облегчающие выполнение отдельных операций сборки и повышающие производительность труда ремонтного персонала, — торцевые ключи, гайковерты, а также электрифицированный и пневматический инструмент.

Сборку машины ведут в такой последовательности, чтобы каждая устанавливаемая деталь постепенно приближала ее к собранному состоянию и в то же время не вызвала необходимости переделок и повторения операции.

Технологическая последовательность выполнения основных сборочных работ и содержание производимых при этом операций приведены ниже на примере сборки наиболее распространенных электрических машин — асинхронного двигателя с фазным ротором серии АК и машины постоянного тока серии П.

Сборку асинхронного электродвигателя АК-92 (рис. 157) и близких ему по конструкции электрических машин других типов (АК2, 4А) производят в такой последовательности. Промывают роликподшипник 4, нагревают его внутреннее кольцо с роликами и сепаратором в масляной ванне

или индукционным методом до температуры 90°С, надевают на вал крышку 5 переднего подшипника и насаживают нагретое внутреннее кольцо подшипника. Надевают на вал крышку 9 заднего подшипника. Промывают подшипник 10, нагревают его до 90°С и насаживают на вал. Затем надевают на вал крышку 13 подшипника. Насаживают на вал контактные кольца 14 и соединяют их с выводами обмотки ротора.

Вкладывают лист тонкого картона в расточку статора, вставляют вручную ротор в статор, после чего, приподняв ротор за концы вала, вынимают из расточки лист картона. Вставляют наружное кольцо роликоподшипника 4 в расточку подшипникового щита 6 и надвигают щит на подшипник, ориентируя его по шпильке, повернутой в крышку 5 подшипника.

Приподнимают ротор за конец вала, вводят борт щита 6 в расточку отверстия станины 7 и ввертывают болты 1, не затягивая их окончательно. Надевают подшипниковый щит 8 на шарикоподшипник 10, ориентируя его по шпильке, повернутой в крышку 9.

Приподнимают ротор за контактные кольца, вводят борт щита 8 в отверстие станины 7 и ввертывают болты 1, не затягивая их окончательно, а затем проверяют легкость вращения ротора, регулируя затяжку болтов, крепящих подшипниковые щиты к станине машины.

Закладывают в подшипники консистентную смазку. Надевают на вал крышку 3 и ввертывают два болта 2, подтягивая их равномерно, чтобы крышка 5 вошла в расточку щита 6 без перекосов. Вывертывают шпильку из крышки 5 и ввертывают третий болт 2.

Подводят крышку 13 вплотную к шарикоподшипнику 10, надевают чашку 11, ориентируя ее по шпильке, повернутой в крышку 9. Ввертывают два болта (на рисунке они не показаны), крепящие чашку 11, подтягивая их равномерно, чтобы крышка 9 вошла в расточку подшипникового щита 8 без перекосов. Вывертывают шпильку из крышки 9 и ввертывают третий болт, крепящий чашку 11.

Проверяют легкость вращения ротора, регулируя затяжку болтов, крепящих крышки подшипников. Опускают щетки на контактные кольца и проверяют их расположение на кольцах. Присоединяют выводные концы 15 к щеткодержателям и закрепляют их в колодке. Надевают колпак контактных колец 14 и закрывают его замками 12.

Проверяют легкость вращения ротора и ставят электродвигатель на обкатку. Устанавливают шпонку в шпоночной канавке на конце вала. Сдают электродвигатель мастеру или контролеру ОТК.

Сборку машины постоянного тока П-41 (рис. 158) производят следующим образом. Надевают на главные полюса 15 катушки возбуждения, устанавливают полюса с катушками в

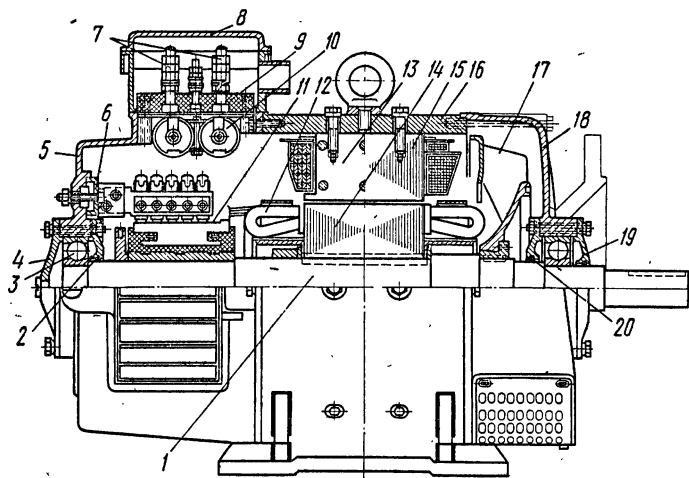


Рис. 158. Машина постоянного тока П-41

станции 16 согласно маркировке, сделанной при разборке; и крепят их болтами. Проверяют шаблоном расстояния между полюсными наконечниками, штихмасом — расстояния между противоположными полюсами.

Надевают на добавочные полюса 13 катушки, вставляют полюса с катушками в станину 16 согласно маркировке, сделанной при разборке, и крепят их болтами. Проверяют шаблоном расстояния между полюсными наконечниками главных и добавочных полюсов, а штихмасом — расстояния между противоположными добавочными полюсами.

Соединяют катушки главных и добавочных полюсов согласно схеме соединений. Проверяют полярность главных и добавочных полюсов, а также величину вылета обмотки 12, расположенной в сердечнике 14 якоря.

Насаживают на вал 1 вентилятор 17 согласно пометкам, сделанным при разборке. Закладывают консистентную смазку в лабиринтовые канавки. Надевают на вал внутренние крышки 2 и 20 подшипников. Нагревают шарикоподшипники в масляной ванне или индукционным методом и насаживают их на вал с помощью приспособления. Закладывают в подшипники консистентную смазку. Вводят якорь в станину, пользуясь приспособлением.

Собирают траверсу 6 вместе со щеткодержателями на приспособлении и притирают щетки. Привинчивают траверсу со щеткодержателями к подшипниковому щиту 5 и поднимают щетки из гнезд щеткодержателей.

Надвигают на шарикоподшипник задний подшипниковый щит 18, приподнимают якорь за конец вала и надвигают

подшипниковый щит на замок станины. Ввертывают болты подшипникового щита в отверстия торца станины, не затягивая их до отказа.

Надвигают на шарикоподшипник 3 передний подшипниковый щит 5. Приподнимают якорь и вводят подшипниковый щит в замок станины. Ввертывают болты подшипникового щита в отверстия торца станины, не затягивая их до отказа. Проверяют легкость вращения якоря, постепенно затягивая болты подшипниковых щитов.

Надевают крышку 4 шарикоподшипника и стягивают крышки 4 и 2 болтами. Закладывают консистентную смазку в лабиринтовые канавки. Надевают крышку 19 шарикоподшипника и крепят крышки 19 и 20 болтами. Проверяют легкость вращения якоря, вращая его за конец вала.

Опускают щетки на коллектор. Проверяют расстояния между щетками разных пальцев по окружности коллектора и сдвиг щеток по длине коллектора. Проверяют расстояния между коллектором 11 и щеткодержателями.

Собирают зажимы 7 на дощечке 9 в коробке 8 и крепят к ней конденсаторы 10.

Устанавливают собранную дощечку зажимов на переднем подшипниковом щите 5.

Производят электрические соединения согласно схеме. Проверяют щупами расстояния между якорем и полюсами. Подводят к зажимам провода питания от сети.

Производят пробную обкатку машины. В процессе обкатки проверяют работу щеток и подшипников. Щетки должны работать без искрения, подшипники — без шума. Окончив обкатку, закрывают коллекторные люки крышками. Отсоединяют провода питания и закрывают коробку зажимов крышкой. Сдают собранную машину мастеру или контролеру ОТК.

При выполнении сборочных работ электрослесарь должен помнить, что ротор электродвигателя, удерживаемый в центральном положении магнитным полем статора, должен иметь возможность перемещения («разбега») в осевом направлении. Это необходимо для того, чтобы вал ротора при малейшем смещении не стирал своими заточками торцы подшипников и не вызывал добавочных усилий или трений сопряженных частей машины. Величины осевого разбега, зависящие от мощности машины, должны быть: 2,5—4 мм при мощности 10—40 кВт и 4,5—6 мм при мощности 50—100 кВт.

Зазоры между активной сталью ротора и статора, измеренные в четырех точках по окружности, должны быть одинаковы. Размеры зазоров в диаметрально противоположных точках ротора и статора асинхронного электродвигателя, а также между серединами главных полюсов и якорем машины постоянного тока не должны отличаться более чем на $\pm 10\%$. У подшипников скольжения зазор между валом и вкладышем должен быть в пределах, указанных в табл. 8.

Таблица 8. Величины зазоров между валом и вкладышем подшипника скольжения

Диаметр вала, мм.	Зазор, мм, при частоте вращения ротора в минуту		
	до 1000	1000—1500	более 1500
18—30	0,04—0,09	0,06—0,13	0,14—0,28
40—50	0,05—0,11	0,08—0,16	0,17—0,34
60—80	0,07—0,14	0,09—0,19	0,20—0,40
90—120	0,08—0,16	0,12—0,24	0,23—0,46

Испытания, проверки и измерения. В ремонтной практике встречаются главным образом следующие виды испытаний: до начала ремонта и в процессе его для уточнения характера неисправности; вновь изготовленных деталей машины; собранной после ремонта машины. Общие указания по программе и методике испытаний электрических машин приведены в ГОСТе.

Испытания и проверки собранной после ремонта машины проводят по следующей программе:

- проверка сопротивления изоляции всех обмоток относительно корпуса и между ними;
- проверка правильности маркировки выводных концов;
- измерение сопротивления обмоток постоянному току;
- проверка коэффициента трансформации асинхронных двигателей с фазным ротором;
- проведение опыта холостого хода;
- испытание на повышенную частоту вращения;
- испытание межвитковой изоляции;
- испытание электрической прочности изоляции.

В зависимости от характера и объема произведенного ремонта иногда ограничиваются выполнением лишь части перечисленных испытаний. Если испытания проводят до ремонта с целью выявления дефекта, то достаточно провести часть программы испытаний.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите неисправности асинхронных двигателей с фазным ротором и укажите возможные причины их возникновения.
2. Как и для чего производят дефектировку ремонтируемых электрических машин?
3. Какие наиболее характерные повреждения могут быть у электрических машин и как их устраняют?
4. Назовите операции ремонта коллектора и укажите способы их выполнения.
5. Как осуществляют посадку подшипников качения на вал ротора или якоря?
6. Какими способами обработки коллектора пользуются при ремонте?

7. Какие виды сборок вы знаете и чем они отличаются друг от друга?

8. Расскажите о технологической последовательности выполнения сборки основных сборочных единиц асинхронной машины.

ГЛАВА VII ТАКЕЛАЖНЫЕ РАБОТЫ

§ 48. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

При ремонте трансформаторов и электрических машин необходимо выполнение такелажных работ значительного объема. Такелажными называют работы по строповке, креплению и перемещению (горизонтальному и вертикальному) различных грузов большой массы при помощи ручных и механизированных средств. К этим работам относят также обслуживание, настройку, приведение в рабочее состояние и хранение такелажных устройств, оснастки и приспособлений (тали, стропы, тросы, канаты и др.).

Такелажные работы, как правило, выполняют специально обученные и инструктированные рабочие-такелажники, прошедшие медицинский осмотр.

В ремонтной практике электрослесарю нередко приходится заниматься демонтажом, перемещением и установкой тяжеловесного электрооборудования, что связано с выполнением такелажных работ и использованием для них соответствующих механизмов и оснастки. Поэтому знание основных правил выполнения такелажных работ, устройства и способов применения такелажной оснастки и механизмов крайне необходимо электрослесарю по ремонту трансформаторов и электрических машин, масса которых нередко достигает нескольких тонн.

Перед началом такелажных работ надо убедиться в исправности грузоподъемных устройств и такелажных средств, а также в их освидетельствовании Госгортехнадзором в установленные сроки. Стropы и канаты должны быть испытаны и не иметь поврежденных коушей и других дефектов.

К выполнению такелажных работ можно приступать только тогда, когда электрооборудование, подлежащее перемещению, со всех сторон отключено и приняты меры, исключающие подачу напряжения к месту такелажных работ.

Работы по строповке и перемещению трансформаторов и электрических машин должны осуществляться с особыми мерами предосторожности во избежание повреждения стропами фарфоровых вводов трансформаторов, обмоток электрических машин и других деталей перемещаемого электрооборудования.

При строповке машин или их частей следят, чтобы стропы накладывались на поднимаемый груз без заломов, узлов или перекруток, а после натяжения стропов проверяют правильность их положения, исключаящую перевертывание машины при ее подъеме. При неправильном положении груза следует дать сигнал на его опускание и произвести перестроповку. Перед началом подъема грузовой крюк подъемного механизма должен находиться над центром тяжести поднимаемого груза. Нельзя перемещать машины при наклонном натяжении канатов.

При такелаже электрических машин и трансформаторов захват стропом производят за рамы, проушины, ложные штуцера, а также с помощью других специальных приспособлений — траверс, коромысел, распорок. При подъеме электрооборудования острыми ребрами (углами) надо предусматривать установку и закрепление прокладок под стропы для их предохранения от перегибов и перетирааний или использовать специальные стропы с инвентарными прокладками. Строповка электрооборудования за обработанные поверхности деталей запрещается. При отсутствии специальных приспособлений строповку производят за основные (базовые) детали (корпус, бак, раму или станину). При этом следует надежно предохранить от повреждений место прилегания стропа, подложив деревянные, резиновые или другие мягкие подкладки. Во избежание повреждения окраски и шпаклевки электрооборудования в местах его захвата стропом необходимо также устанавливать резиновые прокладки.

Электрооборудование большой массы сначала поднимают на высоту до 200 мм и в этом положении снова осматривают такелажные приспособления, проверяя равномерность натяжения стропов нажимом руки на каждую ветвь, и тормоз подъемного оборудования. При удовлетворительных результатах осмотра и проверки продолжают подъем.

При строповке и перемещении сборочных единиц трансформаторов и электрических машин следует проявлять особую осторожность во избежание повреждений вводов, обмоток, маслоуказателей, реле и других деталей трансформаторов, а также сердечников якоря и ротора, обмоток, контактных колец и коллекторов электрических машин. Даже незначительные повреждения этих деталей, не замеченные при внешнем осмотре, могут привести к аварии и выходу машины из строя. Не допускается непосредственный захват стропом сердечника якоря или ротора. Для их захвата рекомендуется устанавливать под строп параллельно оси ротора распорные бруски или мягкие подкладки. При подъеме ротора за вал подводят строп с обеих сторон ротора так, чтобы он не затрагивал частей вала, укладываемых в подшипники. Во избежание повреждения контактных колец и обмотки натянутыми стропами между последними устанавливают деревянные распорки

или подъем ротора производят с помощью такелажной траверсы. Ротор большого диаметра допускается поднимать стропами, захватывающими специальные стержни, которые просовывают между спицами ротора. Для предохранения обмоток ротора от повреждений под стержнями устанавливают деревянные подкладки, а между стропами — деревянную распорку или такелажную траверсу. При необходимости строповки и подъема ротора непосредственно за сердечник ротор обкладывают отрезками досок, тщательно следя, чтобы стальной канат стропа не касался стали сердечника ротора.

Расстроповку перемещенного груза осуществляют лишь после того, как он займет вполне устойчивое положение. Разгрузка всех видов электрооборудования сбрасыванием независимо от мер, которые могут быть приняты для их сохранности, категорически запрещается.

§ 49. КАНАТЫ И СТРОПЫ

Канаты используют для строповки грузов к крюкам грузоподъемных механизмов, для вязки (чалки) грузов при транспортировке и перемещении; в различных грузоподъемных устройствах в качестве грузовых канатов; в качестве стреловых, вантовых, несущих и тяговых канатов.

Канаты, на концах которых вяжут узлы, называют чалочными. Наиболее распространенные способы вязки стропов за крюк, а также вязки и заделки концов чалочных канатов показаны на рис. 159, а — и. Чаще всего применяют пеньковые и стальные канаты, реже — хлопчатобумажные и капроновые.

Пеньковые канаты бывают смольными и бельными. Смольные канаты изготавливают из смоленной пряжи, а бельные — из несмоленной (каболок). Смольные канаты хорошо сопротивляются сырости, но имеют большую массу и меньшую прочность, чем бельные. При такелажных работах обычно используют бельные канаты, диаметр которых от 9,6 до 28,7 мм. Пеньковые канаты легче и более гибки, чем стальные, что обеспечивает быструю вязку узлов. Их применяют для подъема деталей вручную (через блоки), для оттяжек при подъеме грузов и строповки изделий с обработанными углами и поверхностями. Пеньковые канаты обычно используют для строповки грузов массой до 200 кг.

При необходимости перемещения электрооборудования массой более 200 кг для его строповки и оснастки грузоподъемных устройств служат стальные канаты двойной свивки (тросы).

Допустимые нагрузки на чалочные пеньковые и бельные канаты приведены в табл. 9, на стальные канаты двойной свивки (тросы) — в табл. 10.

Стропами (рис. 160, а — з) называют отрезки канатов или цепей, соединенные определенным образом и снабженные

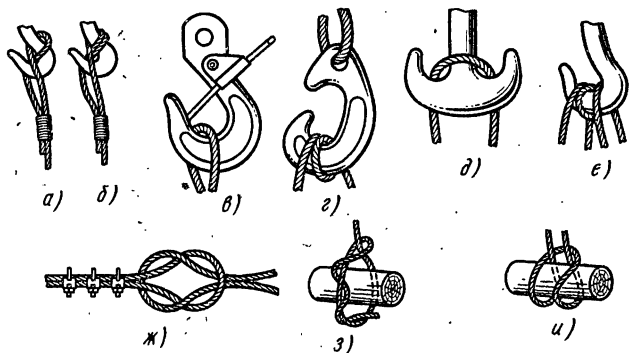


Рис. 159. Способы вязки стропов за крюк, вязки и заделки концов чалочных канатов:

а — крюковый узел, б — крюковый узел с нахлесткой, в — петлевой строп, г — кольцевой или петлевой строп с нахлесткой, д — кольцевой или петлевой строп, е — два кольцевых или петлевых строба (один с нахлесткой), ж — строповка петель, з — удавки, и — мертвая петля

Таблица 9. Допустимые нагрузки на чалочные пеньковые и бельные канаты

Диаметр каната, мм	Груз, кг, подвешенный на одном конце каната	Груз, кг, подвешенный на двух ветвях каната, при угле α между канатом и вертикалью (см. рис. 160,з), град				Груз, кг, подвешенный на четырех ветвях каната, при угле α между канатом и вертикалью (см. рис. 160,з), град			
		0	30	45	60	0	30	45	60
11,1	85	170	150	120	85	340	300	240	170
12,7	110	220	190	155	110	440	380	310	220
14,3	140	280	245	195	140	560	490	390	280
15,9	165	330	285	230	165	660	570	460	330
19,1	230	460	400	325	230	920	800	650	460
20,7	265	530	460	375	265	1060	920	750	530
23,9	355	710	610	500	355	1420	1220	1000	710
28,7	485	970	840	680	485	1940	1680	1360	970

специальными подвесными приспособлениями, обеспечивающими быстрое, удобное и безопасное закрепление грузов.

Для регулирования положения электрооборудования во время подъема, а также для поворота на крюке к нему привязывают оттяжки из стального, а при малых грузах — из пенькового каната.

Расположение лебедок или кабины управления крана долж-

Таблица 10. Допустимые нагрузки на некоторые стальные канаты двойной свивки

Диаметр каната, мм	Допустимая нагрузка, кг		Диаметр каната, мм	Допустимая нагрузка, кг	
	для лебедки с ручным приводом	для двухветвевых стропов при угле $\alpha = 60^\circ$		для лебедки с ручным приводом	для двухветвевых стропов при угле $\alpha = 60^\circ$
15	3450	2300	14,5	3180	2120
16,5	4125	2750	16	3890	2590
20	5300	3530	19,5	5630	3750
25,5	8125	5420	25	8050	5370
33	13220	8820	32,5	13600	9100
36,5	17690	11790	36,5	18200	12120

но обеспечивать непосредственную передачу сигналов знаками или голосом от руководителя подъема или стропальщика крановщику, мотористу лебедки, трактористу или механику.

Подъем производят плавно, без рывков и раскачивания поднимаемого электрооборудования, без задевания посторонних предметов (стен, колонн, ферм, рядом стоящего оборудования и т. д.). Запрещается оставлять грузы на весу даже на короткое время в обеденный или иной перерыв.

Для успешного выполнения такелажных работ необходимы четкое взаимодействие и надежная связь всех участвующих в них лиц (бригадир, стропальщик, такелажник, крановщик).

При такелажных работах применяют сигнализацию голосом и знаками. При сигнализации голосом используют команды: «Вира» — подъем груза, «Майна» — опускание, «Стоп» — прекращение движения. Когда движение должно быть кратко-

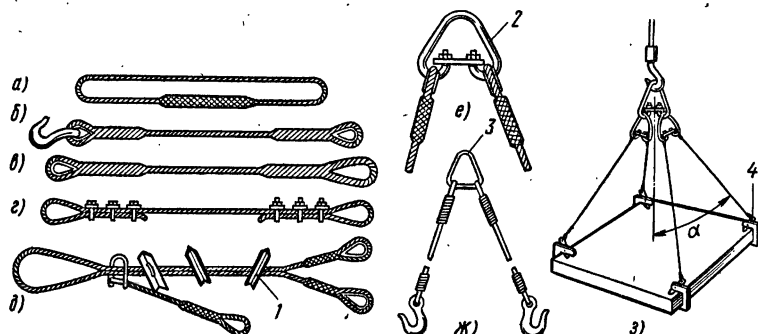


Рис. 160. Стропы из стальных канатов:

а — универсальный (кольцевой), б, в и г — облегченные (петлевые) одинарные, д — полуавтоматический, е и ж — двухветвевые, з — четырехветвевой; 1 — инвентарные подкладки, 2 и 3 — разъемная и сварная подвески, 4 — рычажный захват

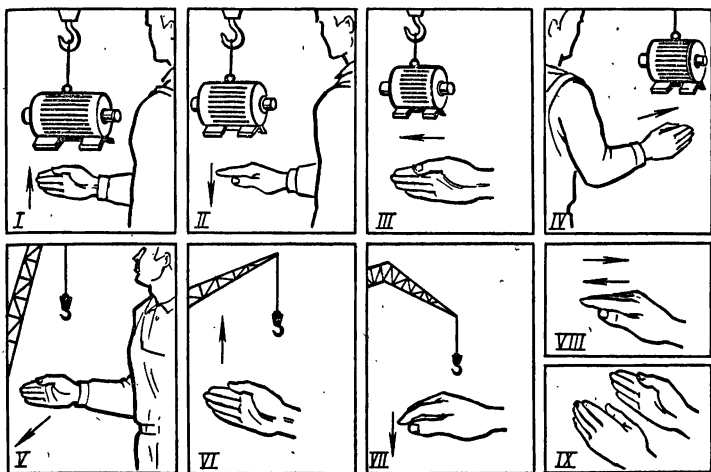


Рис. 161. Знаковая сигнализация при производстве такелажных работ:

I — поднять крюк, *II* — опустить крюк, *III* — передвинуть кран, *IV* — передвинуть тележку, *V* — повернуть стрелу, *VI* — поднять стрелу, *VII* — опустить стрелу, *VIII* — стоп, *IX* — осторожно

временным, перед основным приказанием произносят слово «чуть», например «Чуть вира»; когда движение должно быть медленным, осторожным, перед основным приказанием добавляют слово «помалу», например «Помалу майна». Для повышения надежности, четкости передачи и приема сигналов при такелажных работах используют мегафоны, электромегафоны, телефоны, проводную и беспроводную связь (радиосвязь). Знаковая сигнализация при производстве такелажных работ показана на рис. 161.

§ 50. ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

При такелажных работах широко применяют конструктивно простые грузоподъемные механизмы — блоки, полиспасты, тали, электротельферы и домкраты.

Блоки (рис. 162,а), служащие для изменения направления каната и приложения силы, называют отводными, или канифас-блоками, а служащие для уменьшения силы, необходимой для подъема груза, — грузовыми, или полиспастовыми.

Различают блоки для пеньковых, стальных канатов и цепей. Отводные блоки (канифас-блоки), привязываемые всегда неподвижно, имеют один ролик для каната (однорольные блоки). Согласно правилам Госгортехнадзора диаметр ручья ролика

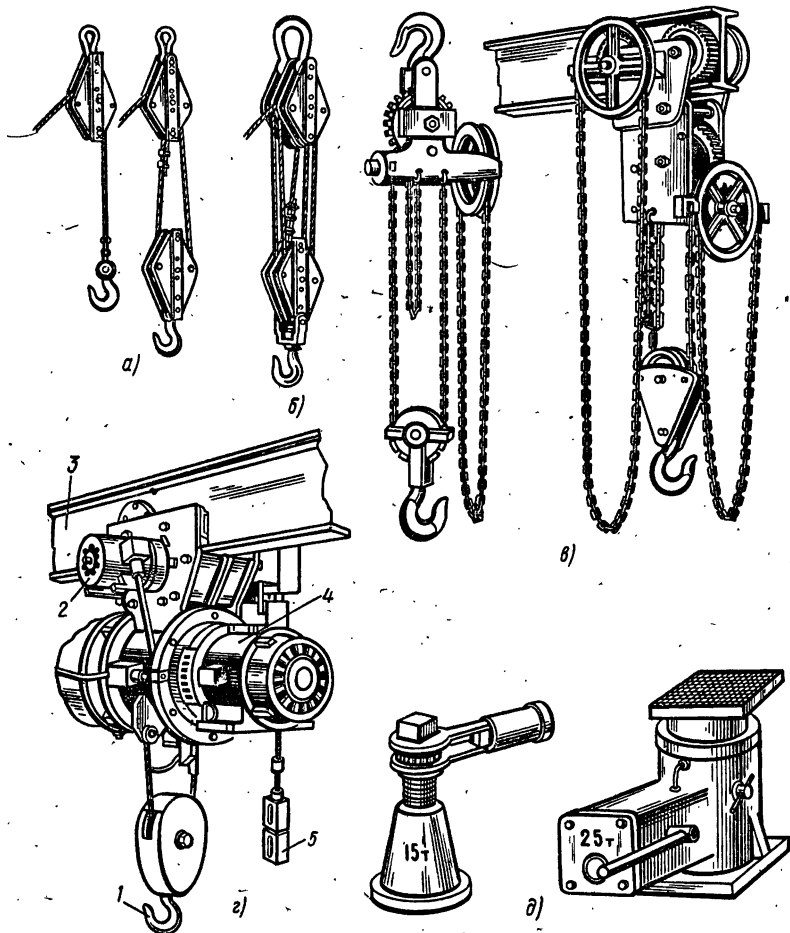


Рис. 162. Грузоподъемные механизмы, применяемые при такелажных работах:

а — блоки (подвижный и неподвижный), *б* — полиспаст, *в* — тали, *г* — электро-тельфер, *д* — домкраты (ручной и гидравлический); *1* — крюк, *2* — электродвигатель тележки, *3* — кран-балка, *4* — электродвигатель вертикального перемещения груза, *5* — блок кнопок управления электродвигателями тельфера

должен превышать диаметр каната на 1–3 мм. Соотношение между диаметром стального каната в грузовых блоках и диаметром ролика должно быть не менее 1:16.

Полиспасты (рис.162,б) — грузоподъемные устройства, которые состоят из двух блоков, соединенных между собой

канатом, последовательно огибающим все ролики каждого блока.

При использовании полиспаста уменьшается усилие в канате, направленное к лебедке (выигрыш в силе), но увеличивается длина каната, навиваемого на барабан лебедки (проигрыш в расстоянии, времени, скорости). При оснастке полиспаста канат прикрепляют одним концом к ушку одного из блоков полиспаста, при этом он огибает последовательно ролики обоих блоков, а другой конец, сбегаящий с одного из блоков, навивают на барабан лебедки. Обычно конец каната, идущий на лебедку, почти всегда сбегает с неподвижного блока во избежание подвешивания дополнительного отводного блока.

При оснастке полиспастов соблюдают следующие правила: при четном числе ниток полиспастов (т.е. при четной сумме чисел роликов неподвижного и подвижного блоков) конец каната прикрепляют к неподвижному блоку, а при нечетном числе — к подвижному.

Тали (рис.162,в) представляют собой грузоподъемный механизм, состоящий из цепного полиспаста с ручным приводом от бесконечной гоночной цепи или рычажного храпового механизма. Наиболее распространены червячные тали и с зубчатой передачей, в которых тяговым органом служат сварные калиброванные цепи. Все тали снабжают надежным автоматическим тормозом (чаще винтовым). Тали различных конструкций изготовляют для подъема груза на высоту до 3 м.

Электротельфер (рис. 162,г) является универсальным и самым распространенным внутрицеховым подъемно-транспортным механизмом. Наличие у электротельфера двух электродвигателей позволяет осуществлять вертикальный подъем и горизонтальное перемещение (в пределах цеха) ремонтируемого электрооборудования массой до 5 т. При использовании электротельфера ремонтный персонал освобождается от необходимости выполнения трудоемкой работы, требующей больших затрат физических сил, — ручного подъема и транспортирования ремонтируемого электрооборудования большой массы.

Домкраты (рис. 162, д) служат преимущественно для вертикального подъема грузов большой массы на высоту до 200 мм, но иногда используются для горизонтального перемещения, при этом домкраты устанавливают в горизонтальном положении с упором их основания в прочную неподвижную опору (стену, колонну и др.). Применяют домкраты чаще всего при необходимости демонтажа электрооборудования, подлежащего доставке в электроцех для ремонта.

Все грузоподъемные механизмы, используемые при таких работах, а также канаты, стропы и скобы должны пройти испытания, нормы, сроки и объемы которых указаны в табл. 11.

Таблица 11. Нормы и сроки испытаний подъемных механизмов и приспособлений

Механизмы и приспособления	Испытательная нагрузка			Продолжительность статических испытаний, мин	Периодичность испытаний, месяц
	при приемочных испытаниях и после капитального ремонта		при периодических испытаниях		
	статическая	динамическая	статическая и динамическая		
Приводные и ручные лебедки Ручные тали Стальные канаты и цепи	1,25 Р*	1,1 Р	1,1 Р	10	12
Пеньковые, хлопчатобумажные и капроновые канаты Стропы, скобы, кольца	2 Р	—	2 Р	10	6

* Р — грузоподъемность механизма.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что входит в состав такелажных работ?
2. Какие меры принимают при строповке трансформаторов и электрических машин?
3. Какие приспособления используют для выполнения такелажных работ?
4. Перечислите требования, выполняемые при такелажных работах.
5. Расскажите об устройстве такелажных механизмов.
6. Какие правила безопасности труда необходимо соблюдать при выполнении такелажных работ?

ГЛАВА VIII

УСТРОЙСТВО И РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

§ 51. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Электрические аппараты являются самым многочисленным и конструктивно разнообразным электрооборудованием, выполняющим различные функции в электроустановках.

Электрическими аппаратами называют электротехнические устройства, предназначенные для включения и отключения, управления, регулирования и защиты электрооборудования и участков электрических цепей. В зависимости от назначения электрические аппараты можно условно разделить на четыре группы:

коммутационные — предназначенные для включения и отключения электрических цепей;

защиты — осуществляющие защиту электрических цепей от перегрузок, токов короткого замыкания, недопустимого повышения напряжения, снижения или исчезновения напряжения;

токоограничивающие и *пускорегулирующие* — предназначенные для пуска, регулирования частоты вращения двигателей, изменения силы тока в электрических цепях, ограничения тока при коротких замыканиях;

выполняющие одновременно несколько из перечисленных выше функций (например, включение и отключение электрических цепей, а также защиту их от перегрузок и др.).

Аппараты могут быть автоматического и неавтоматического действия. В зависимости от номинального напряжения различают электрические аппараты до 1000 В (обычно до 660 В) и выше 1000 В. В этой главе рассматриваются аппараты номинальным напряжением 220, 380 и 660 В.

В электрическом аппарате чаще всего повреждаются контакты, образующие его контактную систему. В контактную систему входят подвижный и неподвижный рабочие контакты, а также промежуточные и дугогасительные контакты*.

Контактные поверхности, даже хорошо отшлифованные, имеют микроскопические возвышения и впадины, вследствие чего действительное соприкосновение происходит не по всей их площади, а лишь в отдельных точках (рис. 163,а), которые называют точками соприкосновения.

В контактах, не испытывающих при соприкосновении значительных давлений (усилий, прижимающих контакты друг к другу), число точек соприкосновения незначительно. При увеличенном давлении, прижимающем контактные поверхности друг к другу, выступающие неровности деформируются и первоначальные точки соприкосновения превращаются в небольшие площади (рис. 163,б). С увеличением силы, приложенной к контактам, растет число «контактных точек» и их общая площадь. Ток с одной контактной поверхности на другую переходит в точках соприкосновения, т. е. через участки с сильно суженным сечением. На этих участках (на рисунке они обозначены I и II) из-за их чрезмерно малых поперечных сечений возникает большое электрическое сопротивление, называемое переходным.

* Термином «контакт» обозначают сами детали, образующие электрическое соединение, и участок их соприкосновения.

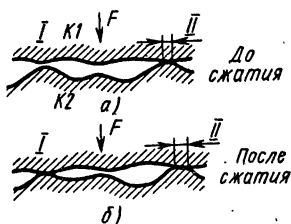


Рис. 163. Соприкосновение контактных поверхностей:

a — при отсутствии сжимающих усилий, *б* — при наличии сжимающих усилий; *K1* и *K2* — контакты

Переходное сопротивление в контакте зависит главным образом от состояния контактных поверхностей, давления, с которым контакты прижаты друг к другу. Зависимость переходного сопротивления от давления контактов друг на друга объясняется тем, что при большом давлении легче смять выступающие на их поверхности точки и таким образом приблизить контакты друг к другу. Приблизившиеся друг к другу контактные поверхности создают новые точки соприкосновения, улучшают условия перехода тока, а следовательно, и качество контакта.

Известно, что чем больше количество и площадь точек соприкосновения между контактными поверхностями, тем больше их действительная площадь соприкосновения и меньше переходное сопротивление. Однако интенсивность процесса образования новых точек соприкосновения даже при дальнейшем возрастании давления в контактах постепенно замедляется. Это объясняется тем, что при повышении давления оно воспринимается большей площадью, удельное давление в точках соприкосновения контактов уменьшается, материал контактов сминается не так интенсивно, поэтому процесс увеличения количества и площади точек соприкосновения замедляется.

Переходное сопротивление — основной показатель качества всякого контакта. Оно в значительной мере зависит от качества обработки и состояния контактных поверхностей. Плохо обработанные и окислившиеся контакты имеют высокое переходное сопротивление. Тщательная слесарная обработка контактных поверхностей дает возможность удалить пленку оксидов и создать при соприкосновении наибольшее количество точечных контактов. Контактные поверхности медных контактов рекомендуется обрабатывать надфилем или напильником, в результате чего образуется поверхность с меньшим переходным сопротивлением, чем при полированных или шлифованных поверхностях.

Качество контакта зависит также от свойств контактных материалов (механической прочности, электропроводимости и теплостойкости). Материалы, обладающие низкой электропроводимостью и механической прочностью или недостаточной теплостойкостью, не могут создать надежного контакта на

длительное время, так как подвергаются разрушающим механическим нагрузкам и температурным воздействиям.

К материалам контактных соединений предъявляются следующие основные требования:

механическая прочность, т. е. способность длительное время выдерживать определенные механические усилия, возникающие в контактах в процессе работы;

температурная устойчивость — стойкость материала при длительном воздействии на него температуры;

тугоплавкость — способность не оплавляться при воздействии на контакт значительной температуры;

электропроводимость — способность проводить электрический ток с малым сопротивлением;

неокисляемость (коррозиестойчивость) — способность противостоять в основном окисляющему воздействию кислорода, содержащегося в воздухе.

Материалы, отвечающие всем перечисленным требованиям, пока отсутствуют, поэтому контакты аппаратов изготавливают из таких материалов, которые наиболее удовлетворяют условиям работы аппарата. Например, в аппаратах, предназначенных отключать большие токи через дугу, применяют контактные детали, изготовленные из тугоплавких материалов, в качестве которых используют металлокерамику.

Металлокерамические детали для контактов выпускают из смеси вольфрама или молибдена с медью или серебром. Прочность этих деталей очень высока, поскольку их, изготовляют из порошков металлов под высоким давлением с последующей термической обработкой при 1100—1300 °С*.

Металлокерамические контакты благодаря присутствию в них молибдена и вольфрама обладают повышенной механической прочностью и температурной устойчивостью, а наличие в металлокерамике серебра или меди придает им высокую электропроводность. Контакты с покрытиями из металлокерамики, в частности из медно-вольфрамовой АВМ-2, широко распространены в современных аппаратах.

В электрических аппаратах помимо контактов повреждаются также детали механизма, пружины, пластины дугогасительной камеры и изоляция. Характерными признаками неисправности аппарата являются повышенный нагрев отдельных частей, нечеткое включение, произвольное отключение, отказ аппарата.

Причинами неисправностей могут быть повреждения отдельных деталей вследствие неудовлетворительной эксплуатации аппарата, нарушения сроков текущих и капитальных ремонтов. Поврежденные аппараты ремонтируют, применяя при этом более качественные электроизоляционные и контактные

* Способ изготовления деталей из порошков различных металлов прессованием и последующей термической обработкой называют порошковой металлургией.

материалы, улучшая конструкцию отдельных деталей, а в необходимых случаях аппараты старых конструкций модернизируют.

§ 52. РЕМОНТ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ, КОНТАКТОРОВ И МАГНИТНЫХ ПУСКАТЕЛЕЙ

Автоматические воздушные выключатели. Автоматический воздушный выключатель — это аппарат, предназначенный для автоматического размыкания электрических цепей или отключения электроустановки при возникновении в них токов перегрузки и короткого замыкания, а также при недопустимом снижении или полном исчезновении напряжения. Воздушными называют выключатель потому, что электрическая дуга, возникающая между его контактами в момент отключения, гасится в среде окружающего воздуха. Воздушные автоматические выключатели выполняют, как правило, функции защитных аппаратов, однако при необходимости могут быть использованы в качестве коммутационных аппаратов — при нечастых эксплуатационных включениях и отключениях тех электрических цепей, в которых они установлены как аппараты защиты.

С помощью автоматических выключателей может осуществляться дистанционное управление электрооборудованием и быстрое восстановление питания электроустановок путем повторного включения. Эти выключатели изготовляют на токи, достигающие нескольких тысяч ампер и различают по числу полюсов: одно-, двух- и трехполюсные. Основными частями выключателей являются контактная система, дугогасительное устройство и механизм свободного расцепления.

Контактная система автоматических выключателей небольшой мощности (на токи, не превышающие 100 А) может быть одноступенчатой (рис. 164, а) или двухступенчатой (главный и дугогасительный контакты). Одноступенчатую систему контактов применяют и в выключателях средней мощности (до 600 А), если рабочие поверхности контактов имеют металлокерамическое покрытие. В мощных выключателях используют двух- или трехступенчатую систему контактов (рис. 164, б). При трехступенчатой системе контактов контактная группа выключателя состоит из главных (рабочих), промежуточных (переходных) и дугогасительных (разрывных) контактов.

Главные контакты служат для присоединения управляемой электрической цепи к питающей сети и допускают длительное прохождение через них номинальных токов и рабочих токов нагрузки, а дугогасительные — для разрыва электрической цепи при наличии в них рабочих токов, а также токов перегрузки или короткого замыкания и сохранения таким образом главных контактов. Промежуточные контакты пред-

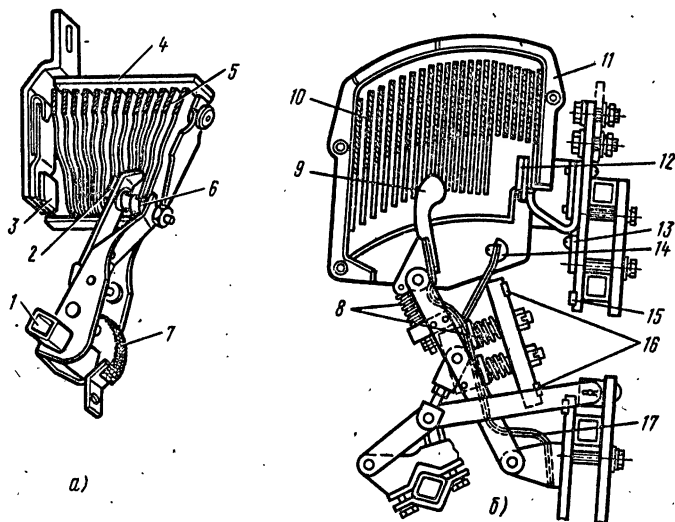


Рис. 164. Контактная и дугогасительная системы воздушных выключателей:

а — одноступенчатая, *б* — трехступенчатая; 1 — вал, 2 и 16 — главные подвижные контакты, 3 и 15 — главные неподвижные контакты, 4 и 11 — дугогасительные камеры, 5 и 10 — дугогасительные решетки, 6 и 8 — контактные пружины, 7 и 17 — гибкие связи, 9 и 12 — дугогасительные подвижные и неподвижные контакты, 13 и 14 — промежуточные неподвижный и подвижный контакты

назначены для облегчения перехода тока с главных контактов на дугогасительные при отключении выключателя и с дугогасительных на главные — при его включении.

Дугогасительная система выключателя (рис. 164, *б*) состоит из дугогасительных (подвижного 9 и неподвижного 12) контактов и камеры 11, в которой расположена решетка 10. Дугогасительное устройство служит для ограничения размеров и быстрого гашения дуги, возникающей между расходящимися контактами при разрыве ими электрической цепи. Действие дугогасительного устройства основано на растяжении и охлаждении электрической дуги в камере. Камера представляет собой асбестоцементную коробку, в которой размещена дугогасительная (деионная) решетка, состоящая из стальных пластин, покрытых тонким слоем меди для предохранения стальной основы от коррозии.

Гашение дуги в камере происходит следующим образом. При разрыве автоматическим выключателем электрической цепи с рабочими токами, токами перегрузки или короткого замыкания между его контактами возникает электрическая дуга, которая под воздействием электродинамических сил растягивается вдоль пластин решетки, разбивается на ряд

мелких дуг и, соприкасаясь с поверхностью пластин, быстро охлаждается и гаснет.

Механизм свободного расцепления автоматического выключателя выполняет следующие функции: предотвращает возможность удерживания контактов выключателя во включенном положении при возникновении аварийного режима работы в защищаемой цепи; обеспечивает скорость расхождения (моментное отключение) контактов, не зависящую от оператора, рода и массы привода.

Этот механизм представляет собой систему связанных шарнирно рычагов, соединяющих привод включения с системой подвижных контактов, которые, в свою очередь, связаны с отключающей пружиной. При аварийных режимах в электрической цепи, защищаемой автоматическим выключателем, его расцепитель выведет вал привода из зацепления с фигурным рычагом, который повернется и другим концом выведет «ломающиеся» рычаги из «мертвого» положения, при этом отключающая пружина, действуя на ломающиеся рычаги, разомкнет контакты.

Механизмы свободного расцепления автоматических выключателей весьма разнообразны, однако принцип действия и их устройство подобны описанным. Автоматические выключатели отличаются многообразием конструктивных исполнений, но их устройство и принципы действия сходны и определяют главным образом назначением аппарата.

В электрических силовых установках промышленных предприятий широко распространены автоматические воздушные выключатели серии А. Описание выключателя А15-Т, приводимое ниже, может дать необходимое представление о конструкции и способах ремонта большинства современных автоматических выключателей, применяемых в электроустановках промышленных предприятий в качестве аппаратов защиты и управления.

Автоматический воздушный выключатель А15-Т (рис. 165,а) смонтирован на термостойкой и механически прочной изоляционной плите 1. Основными частями выключателя являются контакты (на рисунке они не видны, поскольку закрыты дугогасительными камерами 17), механизм свободного расцепления 2, электромеханический привод 5, расцепители 6, дополнительные расцепители 10, панель 11 зажимов и коммутатор 15.

В выключателе применена трехступенчатая система контактов. Каждый полюс выключателя имеет три пары контактов: главные, промежуточные (переходные) и дугогасительные (разрывные).

Главные контакты выполнены из металлокерамики, а промежуточные и разрывные — из меди. Контактная система каждого полюса выключателя расположена в дугогасительной камере 17, обеспечивающей эффективное гашение дуги и

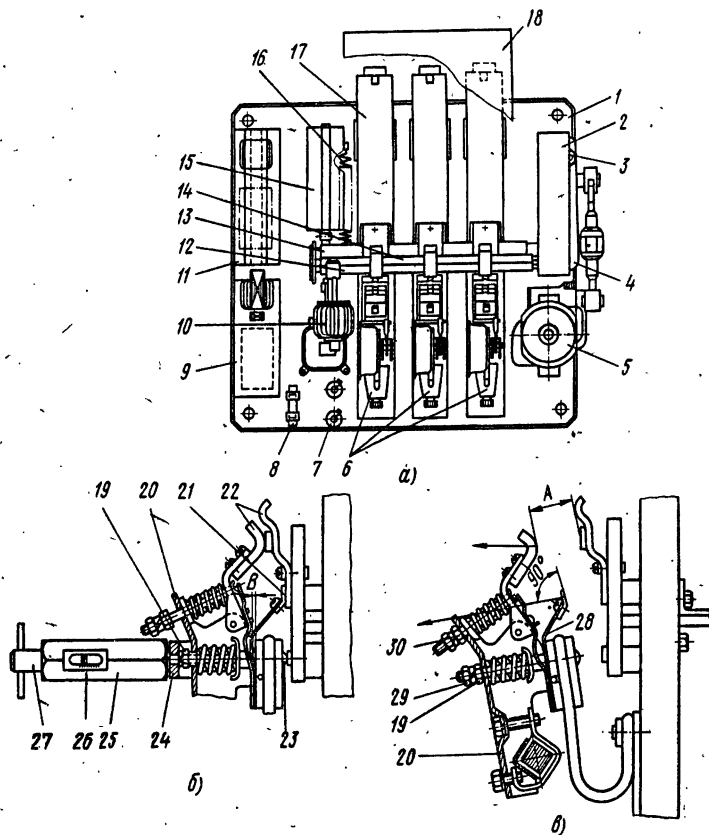


Рис. 165. Автоматический воздушный выключатель А15-Т на 600 А переменного тока:

а — общий вид, б и в — контактная система во включенном и отключенном положениях автомата; 1 — плата, 2 — механизм свободного расцепления, 3 — болт заземления, 4 — механический замедлитель расцепления, 5 — электромеханический привод, 6 и 10 — максимальные и дополнительный расцепители, 7 — резистор, 8 — предохранитель, 9 — реле управления, 11 — панель зажимов, 12 и 14 — отключающий и селективный валки, 13 — главный вал, 15 — коммутатор, 16 — пружина отключения выключателя, 17 — дугогасительная камера, 18 — огнестойкая перегородка, 19 и 29 — нижняя и верхняя гайки, 20 — держатель, 21 и 23 — промежуточный и главный контакты, 22 — дугогасительные контакты, 24 — фасонный винт, 25 — стакан динамометра, 26 — шкала динамометра с указателем, 27 — штифт, 28 — плоская пружина, 30 — регулировочная гайка. Стрелками указано направление усилий при определении величин провалов и растрескиваний контактов

исключающей возможность переброса дуги на соседние фазы или другие токопроводящие части автомата.

Подвижные контакты автоматического выключателя укреплены на изолированном главном валу 13. Автоматический выключатель отключается с помощью валика 12 от воздействия максимальных расцепителей 6 при недопустимом увеличении тока в защищаемой цепи, а также при воздействии на валик 12 дополнительных расцепителей 10. Воздействие при токе короткого замыкания максимальных расцепителей 6 на селективный валик 14 приводит также к отключению выключателя, но через определенный промежуток времени. Выдержка времени осуществляется механическим замедлителем 4, расположенным на правой щеке механизма свободного расцепления 2. Подвижная контактная система связана с пружиной 16, служащей для отключения выключателя. Электромеханический привод 5 связан с механизмом свободного расцепления 2. В схеме его защиты и управления имеются трубчатый резистор, плавкий предохранитель 8 и реле управления 9.

Для присоединения автоматического выключателя к сети заземления служит болт 3. Наличие огнестойкой асбестошиферной перегородки 18 предотвращает возможность переброса дуги. Дистанционное включение автоматического выключателя осуществляют электромеханическим приводом 5, а отключение — дополнительным расцепителем 10.

Контактная система автоматического выключателя (рис. 165,б,в) состоит из трех параллельно включаемых групп контактов — главных 23, промежуточных 21 и дугогасительных 22. При включении выключателя замыкаются вначале дугогасительные, затем промежуточные и, наконец, главные контакты. Размыкание контактов при отключении выключателя происходит в обратном порядке.

У автоматических выключателей серии А и других конструктивно аналогичных выключателей повреждаются преимущественно контакты, отключающие механизм и пружины. Эти повреждения выражаются в износе и оплавлении контактов, нарушении регулировки механизма, ослаблении пружин. Вследствие частых электрических и механических воздействий у автоматических выключателей может оказаться поврежденной изоляция обмотки электромеханического привода или главного вала. В зависимости от характера повреждения ремонтируют автоматические выключатели в электроремонтном цехе или на месте их установки. В последнем случае полностью отключают выключатель от присоединенных к нему электрических цепей, а также принимают меры для избежания дистанционного управления выключателем.

Для получения доступа к контактам отвертывают винты креплений дугогасительных камер, а затем, соблюдая меры предосторожности, снимают дугогасительные камеры так, что-

бы не повредить находящиеся внутри них пластины решетки дугогасительного устройства и контакты аппарата.

Закопченные стальные омедненные пластины решетки осторожно очищают деревянной палочкой или мягкой стальной щеткой, освобождая их от слоя нагара, а затем протирают чистыми тряпками и промывают. Применять для этих целей металлические инструменты (монтерские ножи, шаберы, напильники) запрещается, поскольку можно повредить тонкий защитный слой меди, покрывающий стальные пластины.

В контактной системе автоматических выключателей повреждаются (обгорают, оплавляются и изнашиваются) преимущественно дугогасительные контакты, подвергающиеся воздействию высокой температуры электрической дуги, особенно при разрыве ими больших токов. Слегка обгоревшие контакты промывают, а затем слегка опиливают напильником, чтобы снять с их рабочей поверхности имеющиеся небольшие частицы оплавленной меди. Применять для очистки контактов наждачную бумагу нельзя, так как пыль и мелкие частицы наждака могут попасть в механизм выключателя и вызвать быстрый износ его трущихся деталей вследствие абразивного истирания. С сильно оплавленными контактами спиливают напильником наплывы меди, стараясь снять минимальное количество металла с контакта и максимально сохранить его первоначальную форму. При уменьшении размера контактов ремонтируемых выключателей более чем на 30 % рекомендуется заменять их новыми контактами заводского изготовления.

При длительной работе автоматического выключателя в условиях частых включений и отключений не только изнашиваются его контакты, но и нарушается их регулировка, что приводит к недопустимому перегреву контактов и быстрому выходу их из строя. Регулировка работы контактной системы автоматического выключателя одна из важнейших операций ремонта, от которой зависит его длительная нормальная работа. При регулировке контактной системы после ремонта добиваются одновременности касания главных, а затем промежуточных и дугогасительных контактов, хотя очередность их включения имеет обратный порядок. Одновременность касания главных контактов регулируют изменением положения держателя 20 на главном валу 13 путем затяжки или ослабления гайки 19.

Регулировку одновременности касания промежуточных контактов осуществляют изгибанием в нужном направлении плоской пружины 28, а дугогасительных контактов — наворачиванием или отвертыванием регулировочной гайки 30.

Контактная система должна быть отрегулирована так, чтобы в момент касания дугогасительных контактов 22 зазор между подвижным и неподвижным промежуточными контактами 21 был не менее 5 мм, а в момент касания промежуточных контактов между подвижным и неподвижным главными кон-

тактами 23 — не менее 2,5 мм. Провал* главных контактов (см. рис. 165,б) во включенном положении отрегулированного автоматического выключателя должен быть не менее 2 мм, а раствор**А (см. рис. 165,в) дугогасительных контактов в отключенном положении выключателя — не менее 65 мм.

В число работ по ремонту автоматического выключателя входят также проверка и регулировка величин начального и конечного нажатий его контактов. Начальным нажатием контактов называют усилие, создаваемое пружиной в месте первоначального касания контактов, а конечным — усилие в месте конечного касания контактов. За действительное начальное нажатие дугогасительных контактов выключателя принимают показания динамометра, когда становится возможным свободное перемещение фасонного винта 24, а промежуточных контактов — когда зазор В (см. рис. 165,б) достигнет величины, указанной в паспорте автомата. Конечное нажатие главных контактов измеряют специальным динамометром, поставляемым заводом-изготовителем вместе с выключателем. Динамометр состоит из стакана 25, шкалы 26 с указателем и штифта 27 с рукояткой. Измерение производят в соответствии с заводской инструкцией и паспортными данными автоматического выключателя. Начальные и конечные нажатия всех контактов аппарата не должны отличаться от соответствующих паспортных данных более чем на $\pm 10\%$.

Регулировать нажатие контактов следует очень тщательно, так как недостаточное начальное нажатие может вызвать недопустимые перегревы и оплавление контактов, а чрезвычайно большое — привести к быстрому износу контактной системы и нарушению четкости ее работы. Нажатия контактов должны быть в пределах величин, нормируемых заводом-изготовителем. Если в процессе регулировки начальные нажатия при изношенных и конечные нажатия при новых контактах не укладываются в нормируемые заводом пределы, указанные в паспорте выключателя, то необходимо сменить соответствующие контактные пружины, взяв их из запасных деталей, поставляемых заводом-изготовителем.

При ремонте автоматических выключателей должно быть обращено внимание на правильность расположения рычагов на отключающем валике и наличие требуемого зазора между рычагом валика и бойком расцепителя. Рычаги не должны иметь перекосов и смещений. Зазор между рычагом и бойком должен быть 2—3 мм, иначе минимальный или специальный

* Провалом контактов называют расстояние, на которое может сместиться плоскость касания полностью включенного контакта, если удалить неподвижный контакт.

** Раствором контактов называют кратчайшее расстояние между контактными поверхностями разомкнутых контактов.

расцепитель не отключит выключатель при недопустимом снижении или полном исчезновении напряжения в питающей сети.

В процессе ремонта проверяют сохранность резисторов 7, плавкой вставки предохранителя 8, состояние контактов конечного выключателя и блок-контактов. При неисправности этих деталей и плохих контактах выключатель не будет включаться электромеханическим приводом. Сгоревший резистор заменяют новым, в предохранителе взамен перегоревшей плавкой вставки устанавливают новую, обгоревшие контакты очищают, а сильно поврежденные заменяют новыми.

У отремонтированного выключателя проверяют легкость хода подвижных частей, отсутствие заеданий в механизме и касания подвижными контактами стенок дугогасительных камер, для чего 10—15 раз медленно включают и отключают выключатель вручную. При установке отремонтированного автоматического выключателя на место следует проверить, хорошо ли затянуты контактные зажимы, не создают ли провода, кабели или шины, присоединенные к аппарату, недопустимых механических усилий на его контакты или выводы.

Правильность сборки, качество ремонта аппарата, а также отсутствие в нем дефектов, препятствующих нормальной работе, проверяют путем 15—20 циклов включений и отключений сначала под напряжением (без нагрузки), а затем при 50 %-ной и полной номинальной нагрузках. Проверяют также работу всех расцепителей и устанавливают требуемые токи уставок максимальных расцепителей, после чего выключатель испытывают при номинальных нагрузках по программе, параметрам и нормам, установленным заводом-изготовителем.

В электроустановках напряжением до 1000 В применяют автоматические выключатели серий АВМ и «Электрон», при ремонте которых обычно руководствуются приведенными выше указаниями, относящимися к ремонту выключателей серии А.

Автоматический выключатель АВМ (рис. 166) состоит из системы неподвижных 4 и подвижных 5 контактов, закрытых дугогасительными камерами 6, механизма свободного расцепления 7, привода 8 ручного включения, расцепителя минимального напряжения 9 и расцепителя максимального тока 10.

Выключатели АВМ выпускают на номинальные токи от 400 до 2000 А и напряжение 380 В переменного тока. Контактная система мощных выключателей (у АВМ-15 и АВМ-20) состоит из трех групп контактов.

Управление выключателем осуществляется ручным приводом 8, усилие которого передается валу посредством механизма свободного расцепления 7, состоящего из системы взаимосвязанных рычагов. Ручное отключение автоматического выключателя осуществляется путем вывода рычага механизма свободного расцепления 7 из «мертвого» положения, а авто-

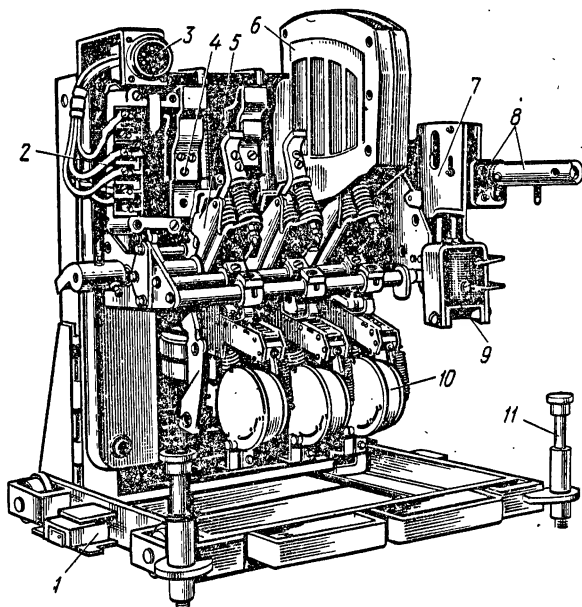


Рис. 166. Автоматический трехполюсный выключатель переменного тока АВМ:

1 — подвижный заземляющий контакт, 2 — коммутатор, 3 — штепсельный разъем, 4 и 5 — неподвижный и подвижный контакты, 6 — дугогасительная камера, 7 — механизм свободного расцепления, 8 — привод ручного включения, 9 — расцепитель минимального напряжения, 10 — расцепитель максимального тока, 11 — фиксатор положения тележки

матическое отключение — от воздействия бойка расцепителя на отключающий валик.

Расцепитель максимального тока 10 состоит из катушки и якоря, удерживаемого пружиной и соединенного с часовым механизмом, на шкале которого имеются метки «0», «Мин» и «Макс». При установке часового механизма на метку «0» отключение автоматическим выключателем токов короткого замыкания и перегрузки происходит мгновенно. Селективные автоматические выключатели отключаются с заданной выдержкой времени, осуществляемой механическим замедлителем расцепления. Требуемая выдержка времени устанавливается перемещением специального винта, расположенного на часовом механизме.

Автоматические выключатели АВМ, помимо расцепителей максимального тока, могут быть снабжены расцепителем минимального напряжения, отключающим выключатель при снижении напряжения в питающей электрической сети до

36% номинального. Автоматический выключатель допускает дистанционное включение и отключение. Дистанционное включение производится электродвигательным приводом, которым снабжен выключатель. Электродвигательный привод состоит из электродвигателя, редуктора с выключающим диском, конечного выключателя, кулисы и тормозного устройства. В тормозное устройство входят два полудиска, вращающиеся вместе с валом электродвигателя привода и расходящиеся в радиальном направлении под действием центробежных сил, и стальная лента, охватывающая полудиски. При торможении стальная лента прижимается к полудискам и останавливает электродвигатель. По окончании торможения полудиски и лента возвращаются в исходное положение. Электродвигательный привод действует безотказно при колебаниях напряжения от 85 до 110% номинального.

Для осуществления дистанционного отключения автоматического выключателя АВМ служит отключающий расцепитель, расположенный на щеке механизма свободного расцепления и состоящий из якоря, сердечника со стопом и катушки.

В электроустановках переменного тока напряжением 660 В применяют автоматические выключатели серии «Электрон», выпускаемые промышленностью в двух исполнениях: обычном — для стационарного монтажа; выкатном — для комплектных распределительных устройств.

Автоматический выключатель «Электрон» (рис. 167) имеет принципиальное сходство с рассмотренными выше автоматическими выключателями серий А и АВМ. Выключатель снабжен двухступенчатой контактной системой, расположенной в дугогасительной камере 8, механизмами 5 — включения и свободного расцепления, 4 — завода включающей пружины, 9 — управления электроприводом), электродвигателем 13 с редуктором 15, расцепителем 6 и электронным блоком 1 максимальной токовой защиты. Все указанные сборочные единицы и детали расположены в корпусе автоматического выключателя, их назначение и принцип действия аналогичны назначению и действию сборочных единиц и деталей в выключателе АВМ.

Выключатели «Электрон» чаще всего используют в комплектных распределительных устройствах (КРУ). Применяемый в КРУ автоматический выключатель выкатного исполнения состоит из металлической ячейки каркасной конструкции и собственно выключателя, снабженного откидными рельсами 16, служащими для облегчения вкатывания в ячейку и выкатывания из нее выключателя. На задней стенке ячейки укреплены неподвижные главные контакты, а на боковых стенках — неподвижные контакты заземляющего устройства и системы блокировки, исключающей возможность вкатывания и выкатывания выключателя при включенном положении контактов. Каркас ячейки снабжен болтами, с помощью кото-

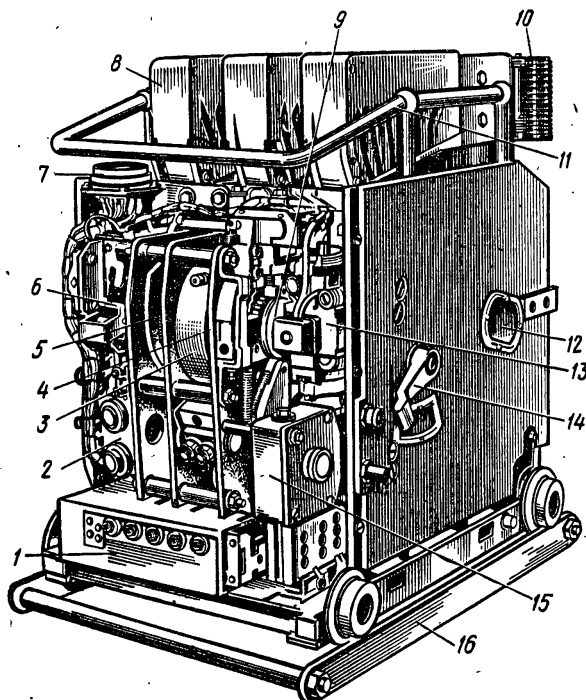


Рис. 167. Автоматический трехполюсный выключатель переменного тока серии «Электрон»:

1 — электронный блок максимальной токовой защиты, 2 — блок кнопок управления, 3 — включающая пружина, 4 — механизм завода включающей пружины, 5 — механизм включения и свободного расцепления, 6 — расцепитель, 7 — неподвижная часть контактного разъема, 8 — дугогасительная камера, 9 — механизм управления электроприводом, 10 — главный подвижный контакт, 11 — рукоятка, 12 — смотровое окно, 13 — электродвигатель, 14 — рычаг механической блокировки, 15 — редуктор, 16 — откидные рельсы

рых его присоединяют к сети заземления. Подвижные главные и дугогасительные контакты имеют металлокерамическое покрытие. Неподвижные главные контакты покрыты серебром, а дугогасительные — металлокерамикой. Включение контактов происходит за счет энергии, запасенной во включающей пружине, заводимой вручную ремонтной рукояткой или автоматически — электродвигателем с редуктором после выполнения каждой операции включения. Отключение и свободное расцепление системы контактов происходит при нарушении зацепления рычага с защелкой. Выключатель снабжен пружи-

нами самовзвода, которые после завершения операции отключения возвращают систему расцепления в исходное положение.

Максимальный расцепитель осуществляет отключение выключателя при возникновении в управляемой выключателем электрической цепи токов короткого замыкания или перегрузки. Напряжение на отключающую катушку расцепителя подается при срабатывании электронного блока максимальной токовой защиты. Отключение выключателя электронным блоком происходит мгновенно или с выдержкой времени, регулируемой в широких пределах по току и времени отключения.

Контакты. Коммутационный электромагнитный аппарат, предназначенный для дистанционных включений и отключений силовых электрических цепей при нормальных режимах работы, называют контактором.

Электромагнитные контакторы широко распространены в электроустановках промышленных предприятий, где являются основными силовыми аппаратами современных схем автоматизированного привода. Их выпускают для работы в электрических установках переменного и постоянного тока. В электроустановках трехфазного переменного тока применяют трехполюсные контакторы (рис. 168, а), состоящие из электромагнитной, контактной и дугогасительной систем.

Электромагнитная система (рис. 168, б) служит для дистанционного управления (включения и отключения) контактором и состоит из ярма 11 с сердечником, якоря 14, короткозамкнутого витка 15, катушки 12 электромагнита и деталей крепления электромагнита к изоляционной панели. Сердечник и якорь набраны из листов электротехнической стали толщиной 0,35 или 0,5 мм и представляют собой шихтованные пакеты. Для придания сердечнику и якорю необходимой жесткости и предотвращения расслоения шихтовки крайние стяжные листы пакетов имеют толщину 0,8 или 1 мм.

Контактная система (рис. 168, в) состоит из главных подвижных 18 и неподвижных 17 контактов, гибких связей 21 и блок-контактов мостикового типа, служащих для переключения в цепях управления контактора, блокировки и сигнализации. Главными контактами разрываются электрические цепи с токами нагрузки, поэтому они снабжены дугогасительной системой.

Дугогасительная система представляет собой устройство, состоящее из камеры с установленной в ней дугогасительной решеткой из стальных пластин 16, покрытых слоем меди. Камера выполнена из огнестойкого материала и состоит из двух половин. Пластины внутри камеры расположены перпендикулярно стволу электрической дуги. Возникающая при отключении контактора электрическая дуга втягивается в решетку, разбиваясь в ней на ряд мелких дуг, охлаждается и быстро гаснет.

В трехполюсном контакторе имеется три пары главных контактов, снабженных тремя (по одному на каждый полюс)

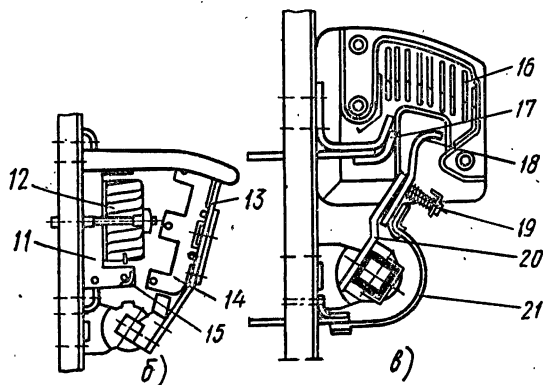
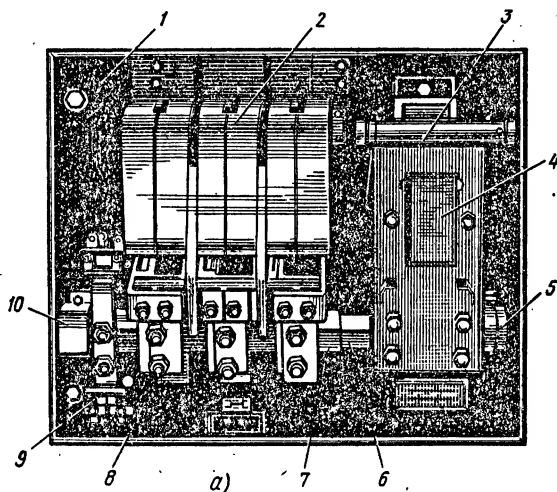


Рис. 168. Трехполусный контактор:

a — общий вид, *б* — электромагнитная система, *в* — контактная и дугогасительная системы; 1 — изоляционная панель, 2 — дугогасительная камера, 3 — упор, 4 — электромагнит, 5 и 10 — подшипники, 6 — вал, 7 — изоляция вала, 8 — крепление контактной системы на валу, 9 — блок-контакты, 11 — ярмо с сердечником, 12 — катушка электромагнита, 13 — держатель якоря, 14 — якорь, 15 — короткозамкнутый виток, 16 — пластины решетки дугогасительной камеры, 17 и 18 — неподвижный и подвижный главные контакты, 19 — контактная пружина, 20 — держатель подвижного контакта, 21 — гибкая связь.

дугогасительными устройствами. При частых оперированиях контактором контакты и пластины нагреваются тем сильнее, чем больше отключаемые токи.

Управление контактором осуществляется следующим образом. При подаче напряжения в цепь катушки электромагнита ее сердечник притягивает якорь, который, поворачиваясь на определенный угол, прижимает подвижные контакты, находящиеся на одном валу с ним, к неподвижным и удерживает их во включенном положении.

При разрыве электрической цепи катушки ее сердечник перестает удерживать якорь, из-за чего подвижные контакты под действием собственной массы отпадают, разрывая электрическую цепь.

В контакторах удержание якоря во включенном положении может осуществляться также защелкой. В таких контакторах кроме электромагнитной системы включения и подведения подвижной части под защелку имеется дополнительное электромагнитное устройство, осуществляющее отключение контактора путем освобождения его подвижной части из-под защелки. Отключение контактора может производиться не только под действием собственной массы подвижной части, но и при помощи отключающих пружин.

При выполнении текущих ремонтов контакторов на месте их установки необходимо предварительно отсоединить все присоединенные к ним провода, кабели и шины. Капитальные ремонты контакторов рекомендуется производить в электро-ремонтных мастерских.

Ремонт контакторов заключается главным образом в замене поврежденных или изношенных деталей новыми с последующей регулировкой и испытанием контакторов. Часто приходится менять главные контакты, гибкие соединения, дугогасительные камеры, катушки электромагнитов, пружины и короткозамкнутые витки.

Описания способов замены этих деталей при ремонтах, приведенные ниже, относятся к контакторам нескольких типов и конструктивных исполнений из числа наиболее распространенных в электроустановках промышленных предприятий. Чтобы заменить главные контакты, надо снять с контактов дугогасительную камеру, отвернуть винт, крепящий гибкое соединение к подвижному контакту, и удалить подвижный контакт. Затем отвернуть винт, крепящий сменную часть неподвижного контакта, и снять неподвижный контакт, промыть, а в некоторых случаях зачистить контактные поверхности всех разобранных болтовых контактных соединений и смазать их тонким слоем технического вазелина. Далее нужно установить новый контакт на место и собрать все детали в последовательности, обратной разборке.

Повреждение гибких соединений выражается в изломе отдельных медных пластин или проводов. В этом случае поврежденные пластины заменяют новыми, изготовленными из твердокатаной меди соответствующих марок и сечений. При повреждении более 20 % пластин рекомендуется полностью

заменить гибкое соединение новым, изготовленным из листов меди толщиной 0,2—0,3 мм.

Ремонт дугогасительной камеры заключается в замене поврежденных щек и очистке пластин дугогасительной решетки от нагара и частиц оплавленного металла. Щеки камеры, имеющие сквозные трещины, заменяют новыми, изготовленными из равноценных огнестойких материалов. При наличии на щеках камеры небольших сколов образовавшееся пространство заполняют пастообразной смесью, состоящей из асбестового порошка и цемента (марки 400 или 500), разведенных водой.

Нагар с пластин дугогасительной решетки удаляют деревянной лопаточкой или мягкой стальной щеткой, а затем промывают, сильно оплавленные пластины заменяют новыми, собирая их при помощи шаблона, имеющего вид гребенки. Камеру с сильно поврежденными внешними или внутренними деталями целесообразно заменять новой.

Повреждение катушек электромагнитов выражается в ухудшении изоляции и вследствие этого появлении замыканий между витками ее обмотки. Поврежденную катушку заменяют новой или перематывают ее обмотку. Катушки контакторов могут быть каркасной или бескаркасной конструкции.

При повреждении обмотки каркасной катушки освобождают катушку от старой обмотки, очищают каркас от остатков старой изоляции и, покрыв слоем бакелитового лака, сушат, после чего наматывают на каркас новую обмотку проводом такой же марки и сечения, как у поврежденной обмотки. Если поврежден и каркас катушки, изготавливают новый, сохраняя конструкцию и первоначальные размеры поврежденного каркаса.

Для намотки новой бескаркасной катушки изготавливают из дерева шаблон, форма которого должна соответствовать форме старой катушки, а размеры — превышать размеры сердечника контактора на толщину изоляции. На торцах шаблона укрепляют фанерные щеки на расстоянии, равном высоте катушки без внешней изоляции. Наматывают провод на шаблон, предварительно положив под первый слой витков четыре отрезка суровых ниток для скрепления витков после намотки, чтобы катушка не рассыпалась при съеме с шаблона. Провод наматывают плотно, виток к витку, покрывая каждый слой изоляционным лаком для повышения влагостойкости катушки. Если слои витков старой катушки были изолированы бумажными прокладками, их прокладывают и между слоями новой катушки, используя для этого конденсаторную бумагу.

При намотке катушки тонким проводом начальные и конечные выводы выполняют гибким проводом диаметром 0,8 мм и больше, чтобы вывод не оборвался. Выводы соединяют с проводом катушки пайкой оловянисто-свинцовым припоем ПОС 30 или ПОС 40. Место пайки тщательно

изолируют полоской миканита толщиной 0,3 мм и шириной 8—10 мм, накладываемой вполнахлеста на участке, превышающем участок пайки не менее чем на 5 мм на сторону. Провода внутри катушки паяют только в самых крайних случаях, соблюдая требования к изоляции места пайки, указанные ранее.

Выводы катушки прочно закрепляют на каркасе суровыми нитками, а затем припаивают к их концам медные наконечники. Готовую катушку снимают с шаблона и обматывают хлопчатобумажной лентой, чтобы придать катушке необходимую жесткость и защитить ее от механических повреждений. Намотанную катушку пропитывают изоляционным лаком, для чего погружают на 15—30 мин (в зависимости от размеров катушки и вязкости лака) в ванну с лаком, не разрушающим эмалевое покрытие проводов. После пропитки катушку сушат в сушильном шкафу в течение 4—6 ч при 70—80°C или в течение 2—3 ч при 90—100°C. У готовой катушки проверяют внутренние и внешние размеры, а затем насаживают ее на сердечник и присоединяют выводные концы к схеме. Окончательно проверяют катушку пробным (не менее 10 циклов) включением и отключением контактора.

Короткозамкнутый виток повреждается из-за сильных ударов при включении разрегулированного контактора, а также при недопустимых нагревах сердечника. Чтобы сменить лопнувший короткозамкнутый виток, отгибают стальные пластинки, приклепанные к крайним стяжным листам пакета сердечника, вынимают поврежденный виток из желобка в сердечнике и установив в желобке новый, закрепляют, загнывая стальные пластинки на новый короткозамкнутый виток. Новые короткозамкнутые витки изготавливают преимущественно из латуни, сохраняя размеры поврежденного витка. Запрещается изменять материал, размеры и сечение короткозамкнутого витка во избежание нарушения нормальной работы контактора.

Поврежденные пружины должны быть заменены новыми из запасных частей, поставляемых комплектно с контактором; самодельные пружины применять запрещается.

При эксплуатации контакторов нередко повреждается изоляция вала подвижных контактов. Поврежденную изоляцию заменяют новой, изготовленной из материала, равноценного заменяемому по своим свойствам и толщине.

По окончании основных операций ремонта проверяют величину начального и конечного нажатий главных контактов. Такая проверка особенно необходима после капитального ремонта контактора с частичной или полной заменой контактов. Начальное нажатие проверяют при разомкнутом контакте (рис. 169, а), для чего на палец 2 подвижного контакта набрасывают петлю, за которую цепляют крючок динамометра 1. Между пальцем подвижного контакта и его

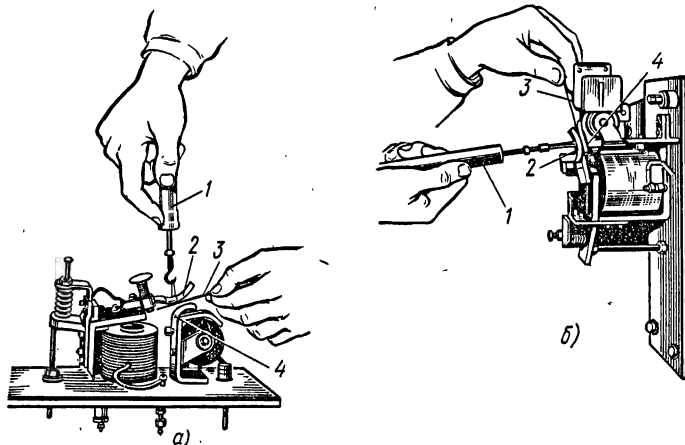


Рис. 169. Проверка нажатий главных контактов контактора:
а — начального, *б* — конечного; 1 — динамометр, 2 — палец подвижного контакта, 3 — полоска бумаги, 4 — неподвижный контакт

держателем помещают полоску бумаги (фольги) 3 шириной 20—25 мм. Затем, наблюдая за стрелкой динамометра, оттягивают одной рукой контакт до тех пор, пока полоска бумаги, которую слегка тянут другой рукой, не освободится. Динамометр в момент освобождения полоски показывает начальное нажатие. Конечное нажатие главных контактов определяют при включенном контакторе (рис. 169, б), помещая полоску бумаги между подвижным и неподвижными контактами. Конечное нажатие главных контактов характеризуется усилием, необходимым для освобождения полоски бумаги, зажатой между контактами.

Заключительным этапом ремонта полностью собранного контактора является проверка правильности собранной схемы, прочности крепления подвижных контактов на валу и плотности прилегания якоря к сердечнику. Чтобы проверить качество произведенного ремонта, а также убедиться в соответствии контактора предъявляемым к нему основным техническим требованиям, его подвергают по сокращенной программе контрольным испытаниям, применяемым заводом-изготовителем к контакторам аналогичных типов и конструкций.

В комплекс послеремонтных испытаний большинства контакторов обычно входят проверка сопротивления изоляции, измерение омического сопротивления обмотки катушки электромагнита и определение четкости срабатывания контактора при снижении напряжения.

Изоляцию испытывают мегаомметром на 500 В, проверяя ее сопротивление между токопроводящими частями контактора

и другими ее частями, нормально не находящимися под напряжением. Сопротивление изоляции должно соответствовать данным заводских испытаний, но быть не ниже 0,5 МОм. Омическое сопротивление обмотки катушки электромагнита, измеренное при 20°C, не должно отличаться от соответствующих заводских данных более чем на $\pm 10\%$. Контактор, установленный в вертикальном положении, должен четко включаться при снижении напряжения до 85% номинального.

При работе контактора не должно быть повышенного нагрева контактов и катушки электромагнита, а также сильного гудения электромагнитной системы. Наличие указанных явлений свидетельствует о неудовлетворительном качестве ремонта и некачественной регулировке отдельных деталей и систем контактора (главным образом электромагнитной и контактной).

Магнитные пускатели. Комбинированный аппарат дистанционного управления, состоящий из контактора, дополненного тепловым реле*, и сочетающий в себе функции аппаратов управления и защиты, называют магнитным пускателем. В качестве аппарата управления он применяется, например, для пуска, остановки и изменения (реверсирования) направления вращения электродвигателя, а в качестве аппарата защиты отключает электродвигатель или электроустановку при недопустимых перегрузках и коротких замыканиях, а также при определенном снижении или полном исчезновении напряжения (нулевая защита). В магнитных пускателях преимущественно применяют контакторы П6 и ПА.

Контактор П6 (рис. 170) магнитного пускателя состоит из основания и пластмассовой головки. Основание представляет собой стальную скобу 1 с пластмассовой колодкой 2, в которой размещены сердечник 3 магнитопровода с втягивающей катушкой 5, а также закреплены выводные зажимы катушки.

Снаружи на головке расположены пластины 13 с неподвижными контактами и винтами для присоединения к аппарату проводов (шин) внешней сети. Внутри головки помещена пластмассовая траверса 10 с четырьмя мостиками 12, к которым приклепаны подвижные контакты. В отключенном положении контактора мостики с подвижными контактами прижаты к траверсе 10 цилиндрической контактной пружиной 8 через стальную скобу и плоскую пружину 11, предназначенную для гашения вибрации мостика при включении контактора.

Для смягчения ударов при включении контактора его сердечник 3 снабжен амортизационной пружиной 9, расположенной в пластмассовой колодке под сердечником.

* Магнитные пускатели изготовляют и без тепловых реле, что указывается цифрой, приводимой в обозначении аппарата.

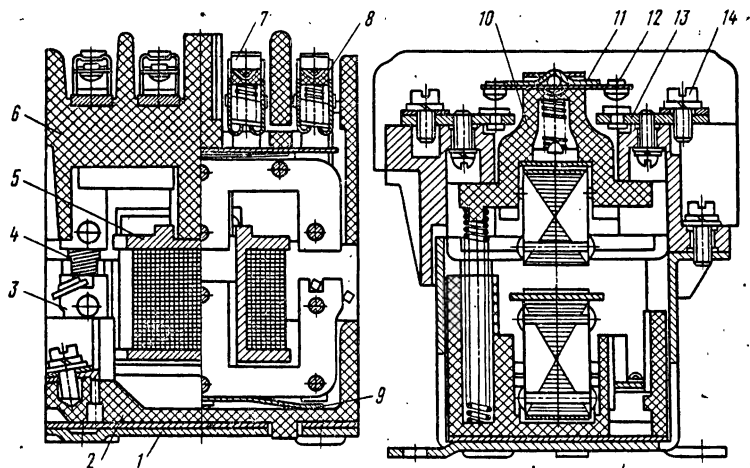


Рис. 170. Контактор П6:

1 — стальная скоба, 2 — пластмассовая колодка, 3 — сердечник, 4, 9 и 11 — возвратная, амортизационная и плоская пружины, 5 — катушка, 6 — головка, 7 — подвижный контакт, 8 — цилиндрическая контактная пружина, 10 — траверса, 12 — мостик с поднятыми подвижными контактами, 13 — пластина с неподвижным контактом, 14 — винт для присоединения проводов (шин) внешней сети

Контакторы П6 выпускают с номинальным напряжением 380 В, номинальным током 6,6 А, с размерами провала главных контактов $2,4 \pm 0,5$ мм и раствора контактов $3 \pm 0,5$ мм.

Контактор ПА-400 (рис. 171) магнитного пускателя представляет собой моноблочную конструкцию с токопроводящими деталями, изолированными от корпуса аппарата, и состоит: из магнитной системы, в которую входят катушка 3, якорь 4 и сердечник 20; контактной системы, в которую входят блок-контакты 6, неподвижные контакты 16 и мостик 15 контактов с подвижными контактами; механизма с возвратной пружиной 12, рычагом 10 и траверсой 11.

Магнитная система поворотного типа имеет Ш-образную форму и повернута вдоль направления рычага и мостиков контактов. Контактная система поворотного типа с размещением контактов между осью вращения подвижной системы и якорем 4 электромагнита расположена поперек направления рычага и мостика контактов.

Удары якоря о сердечник смягчаются тремя амортизационными пружинами 18, а удары сердечника 20 о cheek 19 — текстолитовыми пластинками, установленными между cheek и сердечником в прямоугольном отверстии сердечника. Втулка 8 (из пластмассы или резины) служит для амортизации удара якоря 4 об упор 2.

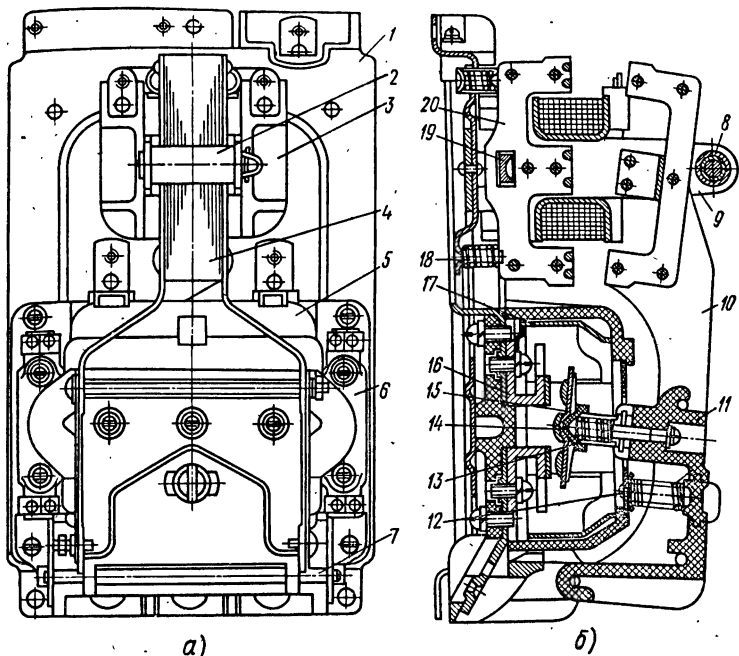


Рис. 171. Контактор ПА-400:

a — общий вид, *б* — боковой разрез; 1 — основание, 2 — упор якоря, 3 — катушка, 4 — якорь, 5 — дугогасительная камера, 6 — блок-контакты, 7 — вал (ось) рычага, 8 — втулка, 9 — стойка, 10 — рычаг, 11 — траверса, 12 и 14 — возвратная и контактная пружины, 13 — вкладыш, 15 — мостик контактов, 16 — неподвижный контакт, 17 — скоба, 18 и 19 — амортизационная пружина и чека сердечника, 20 — сердечник

Тепловые реле ТРП или ТРН, применяемые в магнитных пускателях, служат для защиты электрических цепей от токов перегрузки и короткого замыкания.

Тепловое реле ТРП (рис. 172) состоит из нагревателя 5 и термобиметаллического элемента 2, действующих следующим образом. Полный ток электродвигателя I_n (рис. 172, *a*) на пути от контактов магнитного пускателя к двигателю проходит через параллельные присоединенные нагреватель и термобиметаллический элемент теплового реле. При этом большая часть тока I_n проходит через нагреватель с малым сопротивлением, а меньшая $I_{т.э}$ — через термобиметаллический элемент, состоящий из биметаллических пластинок с большим сопротивлением. При прохождении тока нагреватель и термобиметаллический элемент нагреваются. Под воздействием тепла, выделяемого нагревателем, и собственного тепла тер-

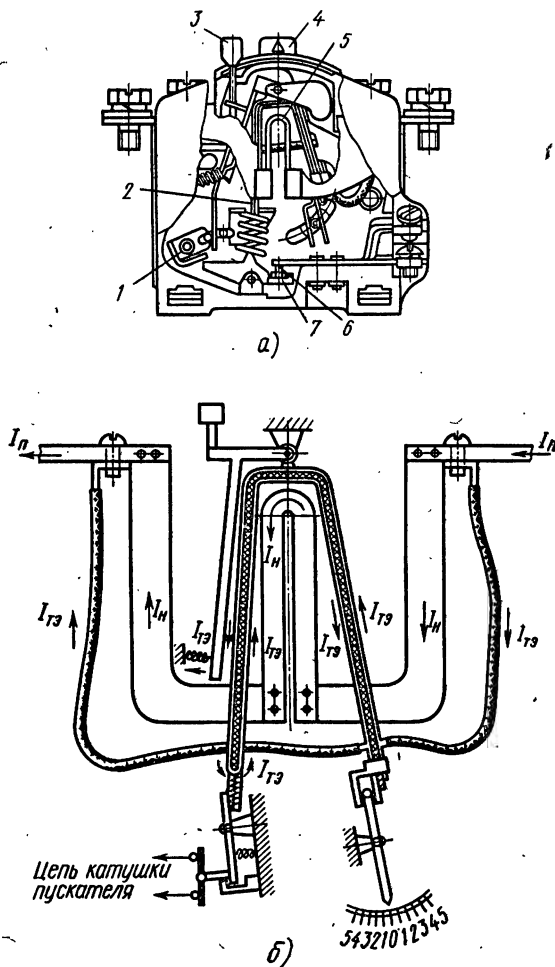


Рис. 172. Тепловое реле ТРП, встраиваемое в магнитный пускатель вместе с контактором ПА-400:

а — устройство, *б* — принцип действия (стрелками показан путь прохождения тока); 1 — устройство самовозврата подвижного контакта, 2 — термобиметаллический элемент, 3 — кнопка ручного возврата подвижного контакта, 4 — регулятор уставок тока, 5 — нагреватель термобиметаллического элемента, 6 и 7 — неподвижный и подвижный размыкающие контакты; I_n , I_H и $I_{T.3}$ — полный ток и токи, проходящие соответственно через нагреватель и термобиметаллический элемент реле

мобиметаллический элемент деформируется, его левая часть, отклоняясь в сторону, воздействует на размыкающие контакты 6 и 7 (рис. 172, б) и разрывает цепь питания удерживающей катушки, в результате чего пускатель отключается.

По истечении времени, необходимого для остывания термометаллического элемента после срабатывания, происходит самовозврат размыкающих контактов 6 и 7 в первоначальное (замкнутое) положение. Во избежание задержки или отказа самовозврата контактов тепловое реле снабжено устройством для ручного возврата контактов, состоящим из системы рычажков, управляемых кнопкой 3. Нагреватель, устанавливаемый в тепловом реле, является сменной деталью и подбирается по номинальному току защищаемого электродвигателя. Ток срабатывания реле может изменяться в определенных пределах при помощи регулятора 4 уставок тока. Пределы регулировки тока срабатывания указаны на шкале уставок тока, расположенной в верхней части реле.

Операции ремонта контактов и дугогасительного устройства контакторов магнитного пускателя в основном аналогичны соответствующим операциям, выполняемым при ремонте контакторов КП.

При ремонте магнитных пускателей с тепловыми реле должно быть обращено внимание на целость и состояние этих реле. У тепловых реле чаще всего повреждаются (перегорают) нагревательные элементы. Эти элементы имеют различное устройство и бывают шести типов, рассчитанных на разные токи. Элементы первого и второго типов изготавливают из нихромовой или фехралевой проволоки. В элементах первого типа проволока намотана на пластинку из слюды, и к концам проволоки припаяны серебром медные наконечники, в элементах второго типа — навита в виде спирали, а к ее концам припаяны стальные наконечники. Спиральные элементы кадмированы для предохранения их от окисления. Элементы остальных четырех типов изготавливают методом штамповки.

Для обеспечения надежной работы магнитного пускателя при ремонте применяют нагревательные элементы заводского изготовления и только в исключительных случаях изготавливают новые элементы на своих предприятиях.

Сборка магнитного пускателя после ремонта должна производиться так, чтобы в процессе его работы исключалась возможность смещения якоря по отношению к сердечнику. При повреждении одной из этих деталей должна быть заменена магнитная система или же выполнена тщательная подгонка якоря к сердечнику путем центрирования, а затем шабровки и шлифования их поверхностей.

Контакты магнитных пускателей снабжают металлокерамическими напайками, повышающими продолжительность их работы.

При частом пользовании магнитными пускателями в течение продолжительного времени их металлокерамические наплавки изнашиваются. Заменять изношенные наплавки надо равноценными металлокерамическими наплавками заводского изготовления. Самодельные наплавки и накладки из других металлов (меди, серебра) недопустимы.

Регулировку провалов и одновременности касания контактов разных полюсов производят прокладыванием регулировочных шайб между обоймой-контакта и траверсой. После регулировки контактов следует несколько раз вручную включить магнитный пускатель, чтобы убедиться в отсутствии заедания пластмассового вкладыша, передающего контакту усилие пружины при его движении в обойме, а также в отсутствии заедания подвижных контактов за внутренние части дугогасительной камеры.

Проверку и испытание магнитного пускателя производят по программе и нормам завода-изготовителя. Результаты, полученные после ремонтных испытаний магнитного пускателя, не должны отличаться более чем на $\pm 10\%$ от данных заводских испытаний.

§ 53. РЕМОНТ ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ

Предохранители служат для защиты электрических цепей и электроустановок от недопустимых токов нагрузки или токов короткого замыкания и характеризуются номинальными токами плавкой вставки и предохранителя. Номинальным током плавкой вставки называют ток, рассчитанный для ее длительной работы, а номинальным током предохранителя — наибольший ток из номинальных токов плавких вставок, допускаемых к применению в данном предохранителе.

При соответствии номинального тока плавкой вставки току защищаемой электрической цепи тепло, выделяемое нагревающейся плавкой вставкой, отдается различным деталям предохранителя, а через них в окружающую среду. С увеличением тока нагрузки возрастает температура нагрева плавкой вставки и других деталей предохранителя.

Показателями, характеризующими предохранители, являются также зависимость времени перегорания плавкой вставки от силы проходящего через нее тока, а также предельный ток отключения, в качестве которого принят наибольший ток, отключаемый предохранителем без повреждений, препятствующих его нормальной работе.

При прохождении через плавкую вставку предохранителя тока, превышающего ее номинальный ток, вставка перегорает и разрывает электрическую цепь, отключая таким образом защищаемый участок от остальной части электроустановки. Предохранители с плавкой вставкой являются конструктивно простыми, но в то же время достаточно надежными и эко-

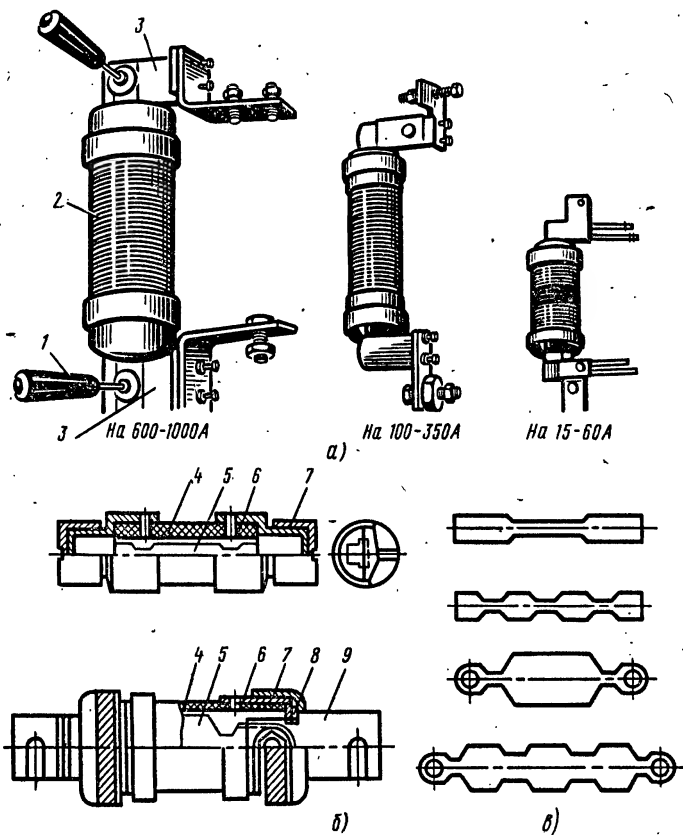


Рис. 173. Разборные предохранители ПР на номинальные токи 15–1000 А с незаполняемыми патронами:

а — общий вид, *б* — патроны предохранителей на номинальные токи 15–60 и 100–1000 А, *в* — конструкции плавких вставок; 1 — рукоятка зажима, 2 — разборный патрон, 3 и 9 — контактные стойка и нож, 4 — фибровая трубка, 5 — плавкая вставка, 6 и 7 — латунные втулка и колпачок, 8 — фиксирующая шайба

номичными аппаратами защиты электрических сетей и электроустановок напряжением до 1000 В.

В электроустановках и электрических сетях напряжением до 1000 В в качестве защитных аппаратов широко применяют предохранители ПР (с закрытым разборным патроном без заполнения) и ПН (с закрытым разборным патроном, заполненным кварцевым песком).

Предохранитель ПР (рис. 173, *а*) состоит из контактных стоек 3 и закрытого разборного патрона 2 без напол-

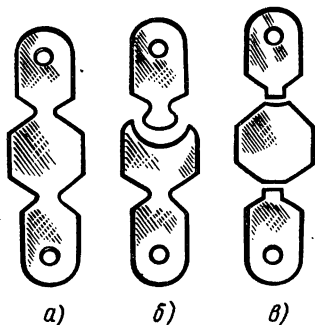


Рис. 174. Пластиновые плавкие вставки с участками сужения:

а — нормальная, *б* и *в* — перегоревшие соответственно при перегрузках и коротких замыканиях

нителя, внутри которого размещены одна или две (в зависимости от номинального тока предохранителя или рабочего тока в защищаемой цепи) плавкие вставки.

Во избежание выпадения предохранителя при электродинамических усилиях, возникающих в контактах в момент коротких замыканий в электрической цепи, защищаемой предохранителем, в контактах обеспечиваются необходимые нажатия. Они создаются за счет пружинящих свойств материала скобы контактных стоек (в предохранителях на 15—60 А), стальной кольцевой или пластинчатой пружины (в предохранителях на 100—350 А) и специального зажима с рукояткой 1, установленного на контактной стойке.

Патроны (рис. 173, б) предохранителя ПР представляют собой фибровую трубку 4 с толщиной стенок 3—6 мм, внутри которой расположена плавкая вставка 5, а на концах накручены латунные втулки 6 с прорезями для прохода плавкой вставки. На втулки надеты латунные колпачки 7, служащие контактными частями у предохранителей на номинальные токи до 60 А. У предохранителей на 100—1000 А контактными частями являются медные ножи 9. Во избежание смещения ножей в предохранителе имеется фиксирующая шайба 8 с пазом для ножа.

Плавкие вставки (рис. 173, в) представляют собой пластинки с одним или несколькими участками сужения. При перегрузках плавкая вставка (рис. 174, а) перегорает обычно на одном участке сужения (рис. 174, б), а при коротких замыканиях — в нескольких участках одновременно (рис. 174, в).

Плавкие вставки изготавливают из листового цинка марки ЦО или Ц1 путем штамповки. При плавлении вставки предохранителя пары цинка ускоряют процесс рекомбинации ионов, благодаря чему улучшаются условия деионизации дугового пространства, способствующей быстрому гашению электрической дуги в патроне. Отсутствие в патроне заполнителя ухудшает условия гашения электрической дуги, возникающей при разрыве электрической цепи перегорающей плавкой

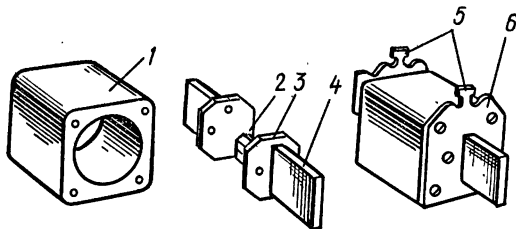


Рис. 175. Разборный предохранитель ПН с патроном, заполняемым кварцевым песком:

1 — фарфоровый патрон, 2 — плавкая вставка, 3 — шайба, 4 — контактный нож, 5 — выступы для съема и установки патрона в контактах, 6 — крышка патрона

вставкой. Более совершенными по своей конструкции и характеристикам являются предохранители ПН с разборным патроном.

Предохранитель ПН (рис. 175) состоит из квадратного снаружи и круглого внутри фарфорового патрона 1, в котором помещена плавкая вставка 2, приваренная к шайбам 3 врубных контактных ножей 4. Контактные ножи, выступающие из патрона, фиксируются прорезями в крышках 6, прикрепленных винтами к торцам патрона. Патрон заполнен сухим кварцевым песком. Для предохранения песка от увлажнения патрон герметизирован прокладкой из листового асбеста толщиной 0,8—1 мм, установленной между крышкой и патроном предохранителя.

Плавкая вставка предохранителя ПН представляет собой одну или несколько медных ленточек толщиной 0,15—0,35 мм и шириной до 4 мм с просечками длиной 6—12 мм. При использовании плавкой вставки, состоящей из тонких параллельных ленточек, снижается ее сечение при данном номинальном токе, а следовательно, и количество паров металла в патроне при перегорании плавкой вставки. Это облегчает гашение электрической дуги в патроне, так как при перегорании ленточек плавкой вставки возникает одновременно несколько параллельных дуг, что способствует более интенсивному рассеянию энергии дуги.

Для обеспечения быстрого плавления вставки предохранителя и повышения его защитного действия при малых перегрузках на ленточки плавкой вставки напаяны оловянные шарики диаметром 0,5—2 мм (в зависимости от номинальных токов плавких вставок). Наличие этих шариков позволяет использовать «металлургический эффект», сущность которого состоит в том, что при нагреве вставки оловянный шарик, обладающий более низкой температурой плавления, расплавляется раньше, чем вставка, и, проникая в металл вставки,

образует сплав металла с характеристиками, отличающимися от исходного материала (большим электрическим сопротивлением и более низкой температурой плавления). При токах перегрузки плавкая вставка, нагреваясь, перегорает в том месте, где напаян шарик из олова, при этом температура нагрева всей вставки будет несколько ниже температуры плавления металла, из которого она выполнена.

Предохранители ПР и ПН обладают токоограничивающей способностью, поскольку плавкая вставка в них перегорает раньше, чем ток короткого замыкания успеет достигнуть установившегося значения. Предохранители требуют постоянного наблюдения и своевременного ремонта. От их исправности зависит нормальная и безопасная работа защищаемых электроустановок.

При ремонте предохранителей ПР и ПН сначала очищают контактные поверхности губок и патронов от грязи, пленок оксидов и частиц расплавленного металла. Окислившиеся контакты очищают стеклянной бумагой, а сильно обгоревшие и оплавленные — надфилем. Применять для очистки контактов наждачную бумагу нельзя, так как зерна наждака, не проводящие электрический ток, врезаются в контактные поверхности, ухудшая контакт между губками и патроном предохранителя. Затем разбирают патрон, тщательно проверяют состояние внутренних токопроводящих частей и плавких вставок, обнаруженные дефекты устраняют, а плавкую вставку, длительно находившуюся в работе, заменяют новой.

Вставки в предохранителях соседних фаз независимо от их состояния также заменяют. Вставки должны быть однотипными, заводского изготовления и строго соответствовать номинальному току предохранителя и току защищаемой сети.

При большой потребности в плавких вставках на ряде предприятий их изготавливают в собственных электроремонтных мастерских. При этом материалы, из которых изготавливают элементы плавких вставок, должны быть тщательно калиброваны и не менее 10% готовых плавких вставок выборочно испытаны на минимальный и максимальный токи. За минимальный принимают ток, при котором плавкая вставка не должна перегореть за время менее 1 ч. Обычно этот ток равен $1,3-1,5$ ее номинального тока, т. е. $I_{\min} = (1,3 \div 1,5) I_{\text{ном}}$. За максимальный принимают ток, при котором плавкая вставка должна перегореть за время менее 1 ч, обычно он составляет $(1,6-2,1) I_{\text{ном}}$.

Изготавливаемые вставки предохранителей по своим характеристикам и номинальным токам должны отвечать требованиям соответствующих ГОСТов. Вставки кустарного изготовления применять недопустимо, так как в лучшем случае они защищают установку только от токов короткого замыкания. Для крепления цинковой плавкой вставки должны

быть обязательно использованы стальная шайба увеличенного диаметра и пружинящая шайба. При отсутствии этих шайб цинк постепенно выдавливается из-под контактного болта и ослабляет контакт. В патроне предохранителя ПР нельзя устанавливать медную вставку без оловянного растворителя, поскольку при высокой температуре плавления медной вставки фибровый патрон быстро разрушается.

При осмотре патрона предохранителя ПР следует обратить внимание на целостность патрона и отсутствие трещин в нем, а также на степень износа его стенок, что определяется сопоставлением фактической толщины стенок ремонтируемого патрона с толщиной стенок соответствующего ему по конструкции и номинальному току нового патрона. Замеры производят нутромером.

При частых перегораниях плавкой вставки стенки патрона сильно выгорают вследствие воздействия на них высокой температуры дуги. При выгорании стенок патрона более чем на 50 % первоначальной толщины патрон необходимо заменить, иначе при очередном перегорании плавкой вставки он может разрушиться вследствие резкого повышения в нем давления. Разрушение патрона может стать причиной тяжелой травмы, а при перебросе дуги на соседние токопроводящие части — вызвать аварию. В сильно обгоревшем патроне ухудшаются также условия гашения дуги. При воздействии высокой температуры дуги на стенки фибрового патрона фибра, будучи газогенерирующим материалом, разлагается, а образовавшиеся газы создают в патроне давление в несколько атмосфер, что способствует быстрому гашению дуги. В патроне из фибры и других газогенерирующих материалов, аналогичных ей, с обуглившимися внутренними стенками процесс разложения фибры и сопутствующие ему другие процессы (деионизация) почти не происходят, в результате чего действие электрической дуги бывает более продолжительным. Поэтому при ремонте фибрового патрона его обгоревшие внутренние стенки должны быть тщательно очищены от обуглившейся фибры, промыты, насухо вытерты чистыми сухими тряпками и покрыты двумя слоями бакелитового лака или одним слоем клея БФ, а затем просушены. После ремонта и очистки внутренних токопроводящих деталей полость патрона предохранителя ПН заполняется чистым и сухим кварцевым песком с содержанием кварца не менее 98 % и размером зерен 0,5—0,8 мм. Песок должен быть обработан 2 %-ным раствором соляной кислоты, промыт и прокален при 150—180 °С. Кварцевый песок размером зерен менее 0,5 или более 0,8 мм не рекомендуется применять, так как под действием высокой температуры дуги в первом случае будет спекаться песок, а во втором — ухудшаться условия гашения дуги из-за воздуха между зернами кварца.

Чтобы убедиться в наличии электрической цепи между плавкой вставкой и контактными частями отремонтированный патрон проверяют контрольной лампой, а затем устанавливают в губках предохранителя.

При установке патрона обращают внимание на создание хорошего контакта между губками и патроном. Патрон должен входить в губки контакта плотно, без перекосов и с некоторым усилием. В ножевых контактах нож должен плотно прилегать к соответствующим поверхностям губок. Плотность контакта проверяется щупом 0,05 мм, который не должен входить в пространство между ножом и губкой более чем на одну треть контактной поверхности (на 5—8 мм). Если щуп проникает на большую глубину, плотность контакта нужно увеличить заменой кольцевых пружин или подтягиванием контактов.

Отремонтированный патрон устанавливают в контактных губках предохранителя при отключенном напряжении. Если напряжение отключить нельзя, патрон устанавливают, используя предохранительные очки, диэлектрические перчатки, диэлектрические клещи или съемные рукоятки, предварительно убедившись, что в данной электрической цепи нагрузка снята и нет короткого замыкания.

§ 54. РЕМОНТ РЕОСТАТОВ

Аппарат, состоящий из неиндуктивного (омического) сопротивления и коммутирующего устройства, с помощью которого можно регулировать это сопротивление, называют реостатом.

В зависимости от назначения различают реостаты пусковые (для пуска электродвигателей), пускорегулировочные (для пуска и регулирования частоты вращения электродвигателей) и возбуждения (для регулирования напряжения генераторов). Одним из основных элементов, определяющих конструктивное исполнение реостата, является материал, из которого выполнены его сопротивления (резисторы). Различают реостаты металлические, жидкостные и угольные.

В реостате электрическая энергия превращается в тепло, которое отводится от резисторов путем их охлаждения. По способу охлаждения резисторов реостаты могут быть с воздушным, масляным или водяным охлаждением.

В электроустановках промышленных предприятий применяют преимущественно реостаты с металлическими резисторами с воздушным или масляным охлаждением, что объясняется простотой их конструкции, возможностью применения в различных условиях работы, а также большой эксплуатационной надежностью. Подавляющее большинство пусковых и пускорегулировочных металлических реостатов общепромыш-

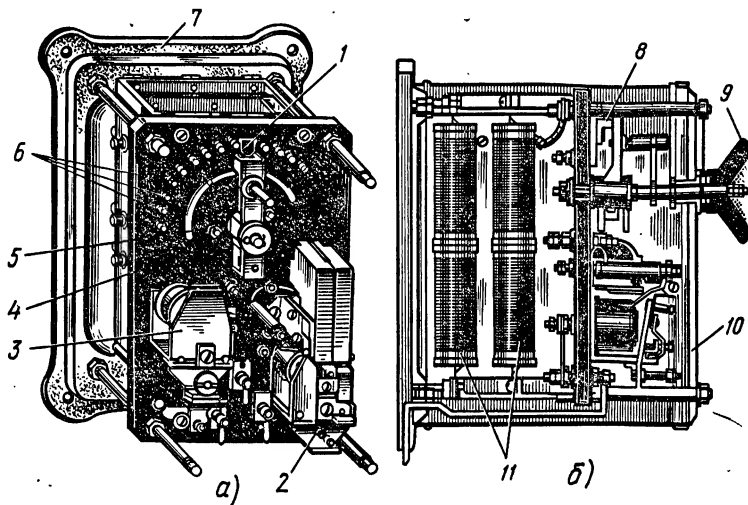


Рис. 176. Пусковой реостат постоянного тока:

а — вид спереди, *б* — вид сбоку; 1 — подвижный контакт, 2 — линейный контактор, 3 — максимальное реле, 4 — панель, 5 — контактная шина, 6 — неподвижные контакты ступеней резисторов, 7 — основание реостата, 8 — траверса, 9 — маховик привода, 10 — крышка, 11 — элементы сопротивления (резисторы)

ленного назначения выполнены со ступенчатым включением резисторов.

Устройство пускового металлического реостата постоянного тока показано на рис. 176, *а, б*. Резисторы реостатов изготовляют из металлов, обладающих большим удельным электрическим сопротивлением, температурной стойкостью, механической прочностью и коррозионной устойчивостью. К этим металлам относят фехраль и нихром с удельными сопротивлениями 1,18 и 1,13 Ом·мм²/м и максимально допустимой температурой нагрева 850 и 1000 °С соответственно. Меньшим удельным электрическим сопротивлением (0,8 Ом·мм²/м) и более низкой допустимой температурой нагрева (400 °С) обладает чугун. Резисторы из чугуна широко применяют в реостатах различного назначения из-за простоты их изготовления (путем литья) и сравнительно низкой стоимости. Резисторы пусковых и пускорегулировочных реостатов чаще всего представляют собой набор рамочных элементов, обмотанных проволокой (рис. 177, *а, б*) или лентой, реже — литых чугунных (рис. 177, *в*). В ряде реостатов используют каркасные элементы с намотанной на них проволоочной спиралью (рис. 177, *г*). Металлические резисторы реостатов повреждаются очень часто.

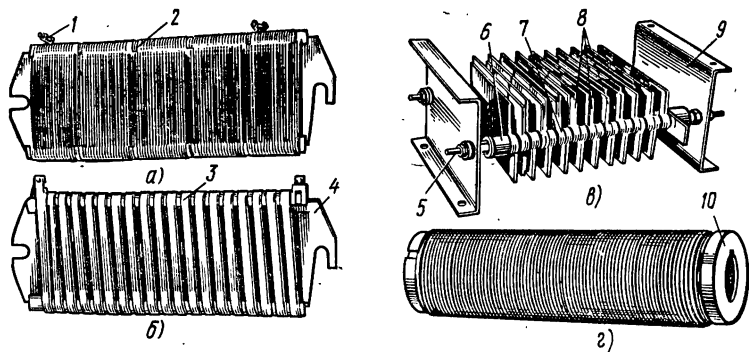


Рис. 177. Резисторы реостатов:

а — рамочный из проволоки, *б* — рамочный из ленты, *в* — литой чугунный, *г* — каркасный; 1 — вывод, 2 — проволока, 3 — лента, 4 — рамка, 5 — изолированный стержень, 6 — изолятор пакета элементов, 7 — изоляционная межэлементная шайба, 8 — чугунные элементы, 9 — опорная стойка, 10 — трубчатый каркас из фарфора

В состав основных работ по ремонту реостатов входят разборка, ремонт или замена поврежденных резисторов, контактных частей, изолирующих деталей и механизмов управления, сборка схемы соединений, сборка и регулировка отремонтированного реостата. Реостаты разбирают так, чтобы не повредить сохранившиеся резисторы, изолирующие детали и контактные устройства, пригодные для повторного использования. Затем тщательно осматривают все детали реостата и группируют их в исправные (пригодные для повторного использования без ремонта), частично поврежденные (пригодные к повторному использованию после ремонта) и непригодные (не восстанавливаемые путем ремонта). Мелкие детали (гайки, шайбы, винты) необходимо при разборке собрать в отдельную коробку или связать вместе и сохранить.

При осмотре и ремонте реостатов РШН, РШМ и РП-2200, а также других типов, конструктивно аналогичных им, удаляют пыль и грязь со всех внутренних деталей аппарата, проверяют состояние зажимных винтов, контактов и контактных соединений. Ослабленные гайки креплений подтягивают, окислившиеся контактные поверхности зачищают напильником, нарушенные соединения восстанавливают и регулируют нажатие подвижного контакта на неподвижный на различных участках контактного хода (величина нажатия контактов должна быть в пределах 10–25 Н/см² в зависимости от габаритных размеров реостата). Затем проверяют целостность и исправность витков проволоочных или ленточных резисторов, отсутствие касаний их витков между собой или с соседними

резисторами, а также межрезисторных соединительных проводов между собой. Поврежденные резисторы ремонтируют или заменяют. При замене сгоревшего резистора надо на его место поставить точно такой же резистор. Зажимные хомуты на вновь установленном резисторе должны быть расположены так же, как на заменяемом. Распределение резисторов по ступеням необходимо сохранить. Отклонение сопротивления на любом контакторе реостата от расчетных или паспортных данных должно быть не более $\pm 10\%$.

При повреждении проволочного или ленточного резистора на небольшом участке рамочного элемента наматывают на этот участок необходимое количество витков проволоки или ленты соответствующей марки и сечения, а затем соединяют электродуговой сваркой с частью резистора, сохранившегося на рамке. Сварку производят электросварочными клещами, для чего накладывают внахлест свариваемые концы на расстоянии не менее 1 см, закрепляют их бандажом из 8—10 витков медной проволоки диаметром 0,3—0,5 мм, а затем вводят в дуговое пространство между угольными электродами клещей и держат в течение времени, необходимого для полного сплавления участка соединения. Поврежденные чугунные резисторы реостатов сварке не подлежат — их заменяют новыми. При ремонте реостатов всех типов особое внимание обращают на состояние их контактов: закопченные контакты промывают и протирают чистыми тряпками, слегка обгоревшие — опиливают напильником так, чтобы снималось наименьшее количество металла контактов и предельно сохранялись их первоначальные геометрические формы, а сильно оплавленные — заменяют новыми.

Поврежденные электроизоляционные детали (изоляторы, втулки, шайбы, прокладки) заменяют новыми равноценными деталями. Допускается замена поврежденных деталей и резисторов реостата деталями, изготовленными из других материалов, если по электроизоляционным свойствам, теплоустойкости, механической прочности и другим эксплуатационным качествам они не уступают заменяемым или превосходят их. Например, разрешается заменять стеатитовые изоляторы фарфоровыми, нихром марки А нихромом марки В или фехралем и т. п.

При частых включениях и отключениях реостатом снижается нажатие его контактов, что приводит к их обгоранию и быстрому выходу из строя. Для устранения этой неисправности отвертывают стопорный болт прижимного кольца реостата и, прижав с некоторым усилием подвижный контакт к неподвижному, вновь закрепляют стопорное кольцо болтом.

Соединяют отдельные резисторы или их группы, используя схему, имевшуюся до ремонта реостата или взятую из его паспорта.

В коммутирующих устройствах реостатов, где сплошное контактное кольцо соединяется с остальными контактами щеткой мостикового типа, проверяют и регулируют нажатие щетки на контакты всех ступеней. Нажатие щетки на контакты создается пружиной, расположенной над щеткой, и регулируется винтом (поворотом винта вправо нажатие увеличивается, а поворотом влево — уменьшается).

После выполнения всех операций ремонта проверяют непрерывность электрической цепи обмоток элементов сопротивления, правильность соединений схемы, надежность изоляции межрезисторных связей, плавность хода контактирующей щетки и правильность расположения упоров, ограничивающих пределы ее перемещения. При необходимости отремонтированный реостат подвергают испытанию: ток реостата не должен превышать значений, указанных в его паспорте, а перегрев резисторов при нагрузке допустимым током в течение 2 ч — 250°C. Контакты отремонтированных реостатов с воздушным охлаждением покрывают тонким слоем технического вазелина во избежание их окисления во время хранения. Полностью отремонтированный реостат устанавливают в металлическом кожухе и прочно закрепляют.

Ремонт резисторов, контактов и коммутирующего устройства маслonaполненных реостатов выполняют аналогично ремонту реостатов с воздушным охлаждением. После ремонта маслonaполненного реостата (с масляным охлаждением) очищают бак от грязи, промывают, а затем заливают чистым сухим трансформаторным маслом, после чего опускают реостат в бак и закрепляют его.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите характерные неисправности электрических аппаратов и укажите причины их возникновения.
2. Как устроены контакторы и какие способы регулировки их контактов вы знаете?
3. Расскажите о способах ремонта основных сборочных единиц автоматического выключателя.
4. Как перезаряжают предохранители с патронами, заполненными кварцевым песком?
5. В чем заключается ремонт реостатов?

ГЛАВА IX

КЛАССИФИКАЦИЯ И СПОСОБЫ ИСПЫТАНИЙ ТРАНСФОРМАТОРОВ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

§ 55. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Испытания являются основным средством выявления дефектов в электрооборудовании и проверки качества его ремонта.

Электрослесарь, хотя непосредственно испытаниями не

занимается, однако должен иметь представление о целях и задачах отдельных видов испытаний, а также о способах их выполнения и нормативных требованиях. В настоящей главе приведены сведения об испытаниях электрических машин и трансформаторов в том объеме, в каком должен о них знать электрослесарь.

Прежде чем приступить к ремонту поврежденного электрооборудования, производят контрольные испытания для установления объема и характера предстоящего ремонта, а также получения исходных данных, с которыми сравниваются результаты послеремонтных испытаний.

Электрооборудование после ремонта испытывают в соответствии с «Нормами испытания электрооборудования», в которых приняты следующие условные обозначения видов испытания: П — приемосдаточные (электрооборудования, вновь вводимого в эксплуатацию, прошедшего восстановительный ремонт или реконструкцию); К — при капитальном ремонте; Т — при текущем ремонте; М — межремонтные.

В Нормax используются следующие термины и понятия: *испытательное напряжение частотой 50 Гц* — действующее значение напряжения переменного тока, которое должна выдерживать в течение заданного времени изоляция электрооборудования при определенных условиях испытания;

испытательное выпрямленное напряжение — амплитудное значение напряжения, прикладываемого к электрооборудованию в течение заданного времени при определенных условиях испытания;

электрооборудование с нормальной изоляцией — оборудование, предназначенное для электроустановок, подверженных действию атмосферных перенапряжений при обычных мерах по грозозащите;

электрооборудование с облегченной изоляцией — оборудование, предназначенное для электроустановок, не подверженных действию атмосферных перенапряжений или с наличием специальных мер по грозозащите;

ненормируемая измеряемая величина — величина, абсолютное значение которой не регламентировано Нормами. Оценка состояния электрооборудования в этом случае производится сопоставлением измеренного значения с данными предыдущих измерений или аналогичных измерений на однотипном электрооборудовании с заведомо хорошими характеристиками, результатами остальных испытаний и т. п.

Электрические испытания изоляции электрооборудования необходимо проводить при ее температуре не ниже 5°C . При испытании изоляции обмоток вращающихся машин и трансформаторов повышенным приложенным напряжением промышленной частоты 50 Гц должна быть испытана поочередно каждая электрическая независимая цепь, при этом один полюс испытательного устройства соединяется с выводом

испытываемой обмотки, а другой — с заземленным корпусом испытываемого электрооборудования, с которым в течение испытаний данной обмотки электрически соединяются все другие обмотки.

Обмотки, соединенные между собой наглухо и не имеющие выведенных обоих концов каждой фазы или ветви, должны испытываться относительно корпуса без их разведения.

При испытаниях электрооборудования повышенным напряжением частотой 50 Гц к испытательной установке рекомендуется подводить линейное напряжение сети. До и после испытания изоляции повышенным напряжением рекомендуется измерять сопротивление изоляции мегаомметром.

Скорость подъема напряжения до одной трети испытательного значения может быть произвольной. Далее испытательное напряжение должно подниматься плавно со скоростью, допускающей производить визуальный отсчет по измерительным приборам, и по достижении установленного значения поддерживаться неизменным в течение всего испытания. После требуемой выдержки напряжение плавно снижается до значения не более одной трети испытательного и отключается.

В процессе ремонта электрооборудования проводится ряд испытаний, целью которых является проверка качества выполненных операций ремонта. Например, после намотки статорной или роторной обмотки электрической машины проверяют отсутствие в ней обрывов и витковых замыканий. Путем испытаний проверяют также качество соединений проводников пайкой или сваркой.

Отремонтированные трансформаторы и электрические машины испытывают по определенной программе, в которую входят выявление дефектов в отремонтированном электрооборудовании и проверка их характеристик на соответствие стандартам или техническим условиям.

§ 56. ИСПЫТАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Все отремонтированные трансформаторы проходят испытания, позволяющие убедиться в качестве выполненного ремонта, отсутствии дефектов, препятствующих их нормальной эксплуатации, в соответствии их характеристик паспортным данным, а также действующим требованиям и нормам.

По окончании ремонта трансформатора производят следующие контрольные испытания (их называют также окончательными или выходными):

- испытание трансформаторного масла;
- определение коэффициента трансформации и группы соединения;
- измерение сопротивления обмоток постоянному току;

измерение токов потерь холостого хода и короткого замыкания;

измерение сопротивления изоляции обмоток;

испытание электрической прочности главной изоляции повышенным напряжением промышленной частоты;

испытание электрической прочности витковой изоляции индуктированным напряжением.

Испытание трансформаторного масла. Масло испытывают на электрическую прочность — пробой и диэлектрические потери.

Испытание трансформаторного масла на пробой проводят в маслопробойном аппарате. В чистую сухую стеклянную посуду емкостью не менее 0,5 л отбирают пробу масла из нижнего или специально предусмотренного крана в баке трансформатора. Затем масло заливают в стандартный разрядник маслопробойного аппарата, представляющий собой специальный фарфоровый сосуд, в который вмонтированы два плоских электрода и латунные токопроводящие стержни. К ним подводится высокое напряжение от встроенного в аппарат повышающего регулировочного трансформатора.

Чтобы удалить из масла воздушные включения, ему дают перед пробоем отстояться в разряднике в течение 20 мин. Затем плавно повышают напряжение на электродах до пробоя и одновременно наблюдают за стрелкой киловольтметра, показывающего напряжение, при котором происходит пробой. Всего делают шесть пробоев с интервалами 10 мин. Первый пробой не учитывают. Среднее арифметическое пробивного напряжения остальных пяти пробоев принимают за пробивное напряжение, которое должно быть: 25 кВ — при напряжении трансформатора до 15 кВ включительно и 30 кВ — при напряжении выше 15 и до 35 кВ.

При ремонтах выполняют сокращенный химический анализ, в объем которого входят: определение кислотного числа масла, температуры вспышки паров, реакции водной вытяжки, содержания взвешенного угля и механических примесей. Одновременно проверяют прозрачность масла.

Определение коэффициента трансформации и группы соединения. Коэффициент трансформации проверяют по схеме, показанной на рис. 178, чтобы убедиться в правильности числа витков, сборки схемы соединения обмоток и подключения регулировочных отводов к переключателю.

Проверку производят, подавая одновременно напряжение (не менее 2% номинального) на все фазы трехфазного трансформатора и все ступени напряжения; отклонение по фазам не должно превышать 2%.

При проверке группы соединения определяют правильность соединения обмоток и их соответствие принятой группе.

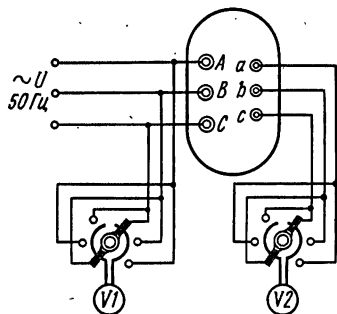


Рис. 178. Схема измерения коэффициента трансформации с помощью двух вольтметров с переключателями

Измерение сопротивления обмоток постоянному току. В ремонтной практике измеряют сопротивление обмоток постоянному току у всех отремонтированных трансформаторов, что позволяет выявить дефекты, допущенные при ремонте: обрыв параллельных проводов обмоток, низкое качество соединений пайкой, плохой контакт в месте подсоединения регулировочного отвода к переключателю и др. Перечисленные дефекты увеличивают электрическое сопротивление обмоток за счет повышения переходного сопротивления в дефектных участках. Сопротивле-

ния, измеренные на всех фазах и ступенях, не должны отличаться более чем на 2%.

Измерение токов, потерь холостого хода и короткого замыкания. Измерение тока холостого хода и потерь производят для выявления таких дефектов в магнитной системе трансформатора, которые увеличивают ток холостого хода и вызывают дополнительные потери, снижающие КПД трансформатора, а в ряде случаев приводящие к недопустимым нагревам.

Измерения (опыт) холостого хода производят так. Подают на обмотку НН симметричное напряжение частотой 50 Гц при разомкнутой обмотке ВН и плавно поднимают от нуля до номинального, при этом измеряют ваттметрами мощность, потребляемую трансформатором, а амперметром линейные токи. Опыт холостого хода можно производить при пониженном напряжении с последующим пересчетом измеренных мощности и тока на номинальные напряжения.

Допущенные при ремонте трансформаторов со сменой обмоток неправильная транспозиция проводов, обрыв или надлом одного из параллельных проводов, плохой контакт и применение проводов заниженного сечения увеличивают омическое сопротивление обмоток и вызывают дополнительные потери в них при нагрузке трансформатора. Перечисленные дефекты обнаруживают путем опыта короткого замыкания, сопоставляя фактические потери в обмотках с расчетными.

При опыте короткого замыкания вводы стороны НН трансформатора замыкают отрезком шины накоротко, а к вводам ВН подают такое напряжение, при котором в обмотках устанавливается номинальный ток, т. е. напряжение

короткого замыкания. Измеренные напряжения короткого замыкания и потери пересчитывают на номинальный ток.

В справочных таблицах нагрузочные потери приводятся к температуре обмоток 75°C , поэтому при испытании измеряют температуру обмоток и производят соответствующий пересчет. Полученные при измерении потери короткого замыкания сравнивают с расчетными. Если они больше расчетных, значит в трансформаторе есть неисправность.

При контрольных испытаниях трансформатора в целях определения герметичности его бака проводят на собранном трансформаторе испытание на плотность.

У трансформаторов с РПН испытывают переключающее устройство (включая привод и шкаф управления), а также проверяют блок автоматического управления приводом.

Измерение сопротивления изоляции обмоток. Сопротивление изоляции измеряют мегаомметром между обмоткой ВН и баком при заземленной обмотке НН, обмоткой НН и баком при заземленной обмотке ВН, обмотками ВН и НН, соединенными вместе и с баком. Сопротивление изоляции обмоток трансформатора до 35 кВ считается удовлетворительным, если, будучи измеренным при температуре 20°C , оно не ниже 300 МОм для трансформаторов мощностью до $6300\text{ кВ}\cdot\text{А}$ включительно и 600 МОм — для трансформаторов $10000\text{ кВ}\cdot\text{А}$ и выше.

Испытание электрической прочности главной изоляции повышенным напряжением промышленной частоты. Повышенным напряжением проверяют электрическую прочность изоляции между обмотками разных напряжений и каждой из них относительно заземленных частей трансформатора. Эти испытания часто называют испытанием главной изоляции трансформатора.

Испытание заключается в том, что от постороннего источника переменного тока через специальный трансформатор подают напряжение на испытываемую обмотку трансформатора, при этом один провод от испытательного трансформатора подключают к соединенным между собой вводам испытываемой обмотки, а другой соединяют с заземленным баком. Вводы второй обмотки испытываемого трансформатора соединяют между собой и заземляют вместе с корпусом. Напряжение плавно повышают от нуля до испытательного с помощью регулировочного трансформатора, подключаемого к источнику переменного тока с частотой 50 Гц . Если в течение 1 мин с момента подачи испытательного напряжения амперметр не показывает увеличения тока, а вольтметр — снижения напряжения и внутри трансформатора не наблюдается разрядов (потрескиваний), напряжение плавно снижают до нуля и считают, что трансформатор выдержал испытание. В таком порядке испытывают вначале обмотки НН, а затем ВН.

Напряжение, кВ, испытания главной изоляции маслona-полненного трансформатора составляет: 25 — при напряжении трансформатора 6 кВ, 35 — при 10 кВ и 85 — при 35 кВ.

Испытание электрической прочности витковой изоляции индуктированным напряжением. Электрическую прочность изоляции между витками, слоями, секциями и фазами проверяют индуктированным напряжением, подаваемым от генератора к обмотке НН при свободной обмотке ВН и заземленном баке трансформатора. Испытательное напряжение принимают равным: 115% номинального — при магнитопроводе шпилечной конструкции, 130% номинального — при бесшпилечной конструкции.

Трансформатор считается выдержавшим испытание, если в течение 1 мин испытательного времени не будут наблюдаться толчки тока, разряды и другие явления, свидетельствующие о повреждении изоляции.

§ 57. ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Отремонтированная электрическая машина должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к ней стандартами или техническими условиями.

На ремонтных предприятиях проводят следующие виды испытаний: контрольные — для определения качества электрооборудования; прямо-сдаточные — проводимые при сдаче отремонтированного электрооборудования ремонтным предприятием и приеме заказчиком; типовые испытания — проводимые после внесения изменения в конструкцию электрооборудования или технологию его ремонта для оценки целесообразности внесенных изменений. В ремонтной практике чаще всего применяют контрольные и прямо-сдаточные испытания.

Каждая электрическая машина после ремонта вне зависимости от его объема подвергается прямо-сдаточным испытаниям. При испытаниях, выборе измерительных приборов, сборке схемы измерений, подготовке испытуемой электрической машины, установлении методики и норм испытаний, а также для оценки результатов испытаний используют соответствующие стандарты и инструкции.

Если при ремонте машины не изменена ее мощность или частота вращения, то после капитального ремонта машину подвергают контрольным испытаниям, а при изменении мощности или частоты вращения — типовым испытаниям.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Расскажите о видах испытаний и их условном обозначении, принятом «Нормами испытания электрооборудования».

2. Что означает «ненормируемая измеряемая величина» и с чем ее сравнивают?
3. Для чего проводят испытание трансформаторного масла?
4. Как обнаруживают дефекты ремонта трансформатора?
5. Какое испытание электрической машины выполняется вне зависимости от объема ее ремонта?
6. Каким испытаниям подвергается электрическая машина, в которой изменена частота вращения?

ГЛАВА X

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

§ 58. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Высоким темпам наращивания новых электрических мощностей, росту выработки электроэнергии, улучшению технико-экономических показателей эксплуатации электротехнических устройств содействуют существующие стандарты и стандартизация общих электротехнических параметров (номинальных напряжений, частот, токов и др.) и различных видов электрооборудования.

Стандарт (в переводе с английского языка норма, образец, мерило) — в широком смысле слова образец, эталон, принимаемые за исходные для сопоставления с ними других подобных объектов. Стандарт, являясь нормативно-техническим документом, может охватывать как продукцию, так и объекты стандартизации организационного и методического характера. Стандарт может быть представлен в виде документа, содержащего ряд условий, подлежащих выполнению, в виде единицы величины (например, ампер, кельвин) либо в виде какого-либо предмета для сравнения.

Стандартизация — это термин, определяемый Международной организацией по стандартизации (ИСО) следующим образом: «...установление и применение правил с целью упорядочения деятельности в определенной области на пользу и при участии всех заинтересованных сторон и, в частности, для достижения всеобщей оптимальной экономии при соблюдении условий эксплуатации (использования) и требований безопасности. Стандартизация основывается на объединенных достижениях науки, техники и практического опыта и определяет основу не только настоящего, но и будущего развития и должна осуществляться неразрывно с прогрессом».

Стандартизация в СССР является частью общегосударственной технической политики, высокоэффективным средством внедрения в производство передовых достижений науки и

техники, обеспечения оптимального уровня качества продукции, экономии трудовых и материальных затрат.

Государственная система стандартизации в СССР охватывает работы в масштабе народного хозяйства страны, отдельных его отраслей, союзных республик и предприятий, а также надзор и контроль за внедрением и соблюдением нормативно-технической документации, за состоянием и применением средств измерений.

XXVI съезд КПСС поставил задачу — в одиннадцатой пятилетке поднять технический уровень, экономичность и качество продукции. Это одна из главных задач планомерного роста эффективности общественного производства. Важная роль в решении задачи повышения качества продукции принадлежит стандартизации и унификации.

Унификация электрооборудования базируется на анализе всех требований, предъявляемых к нему, выявлении общих из них и на разработке единых серий электротехнического оборудования (электрических машин, трансформаторов, коммутационных аппаратов) с характеристиками, удовлетворяющими требованиям большинства отраслей народного хозяйства. На базе основного исполнения единых серий разрабатываются специализированные исполнения, например для предприятий химической промышленности, для работы на Севере, в тропических условиях и т. д. При этом одновременно проводится максимальная унификация сборочных единиц и деталей, применяемых в единых сериях.

Работы по унификации позволяют сократить срок и затраты на новые разработки, цикл производства, номенклатуру технологической оснастки и мерительного инструмента, а также повысить технологический уровень производства.

Унификация сборочных единиц и деталей различного электрооборудования осуществляется главным образом на уровне отраслевых стандартов и стандартов предприятий.

Выпуск массовых изделий едиными сериями обеспечивает унификацию их сборочных единиц и деталей, изготавливаемых по единым для всей отрасли рабочим чертежам.

Стандартизация в электротехнической промышленности полностью строится на базе государственной системы стандартизации, определяющей показатели, нормы и требования, а также методы испытания, устанавливаемые в стандартах на изделия, которые должны соответствовать передовому уровню науки, техники и производства, основываться на результатах новейших научно-исследовательских, опытно-конструкторских и эксплуатационных работ и обязательно содержать показатели надежности и долговечности продукции.

Стандарты СССР подразделяют на следующие категории: государственные (ГОСТ); отраслевые (ОСТ); республиканские (РСТ); стандарты предприятий (СТП). Стандарты в Советском

Союзе являются обязательными в пределах установленной сферы их действия, области и условий применения.

Государственные стандарты устанавливают преимущественно на продукцию массового и крупносерийного производства, на нормы, правила, требования, термины, обозначения и другие объекты, что необходимо для обеспечения оптимального качества продукции, единства и взаимосвязи различных областей науки, техники, производства, культуры и др.

Кроме приведенных категорий стандартов в электротехнической и других отраслях промышленности утверждаются технические условия (ТУ), представляющие собой распространенный вид нормативно-технической документации.

В технической нормативной документации электротехнической промышленности нашли применение все категории и виды стандартов, предусмотренные в государственной системе стандартизации. Основой нормативно-технической документации в отрасли являются государственные стандарты. По состоянию на 1 января 1981 года насчитывалось свыше 1000 государственных и 1300 отраслевых стандартов, а также около 7000 технических условий.

В электротехнической промышленности сложилась система стандартизации, заключающаяся в том, что стандарты всех подотраслей электро техники основываются на общих стандартах для всего машиностроения (предпочтительные числа и ряды этих чисел, допуски и посадки, номенклатура и характеристики основных показателей надежности) и всей электротехники (номинальные напряжения и частоты, нормы качества электро-энергии у ее приемников, условия эксплуатации электро-оборудования в части воздействия климатических и механических факторов внешней среды, а также в районах с холодным или тропическим климатом, стандарты на термины и определения, относящиеся ко всей электротехнике, и на буквенные обозначения основных величин в электротехнике).

Кроме того, в основу стандартизации большинства подотраслей электротехнической промышленности (электрических машин, трансформаторов, электрических аппаратов и др.) положены базовые стандарты, общие для всех подотраслей, например: для электрических машин имеется стандарт, устанавливающий общие технические требования на все электрические машины; имеются и другие стандарты, устанавливающие общие нормы для всех машин. На основе единых общих стандартов для изделий всей подотрасли утверждаются стандарты на единые серии изделий данной подотрасли, например на асинхронные электродвигатели, синхронные машины и др. При этом производится унификация сборочных единиц и деталей для данной серии электроизделий, а также устанавливаются определенная комплексность и последовательность стандартизации изделий, комплектующих элементов для них и материалов.

Подобным образом построена стандартизация в остальных подотраслях электротехнической промышленности — в трансформаторостроении, электромашиностроении и др.

§ 59. МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ СЛУЖБА В СССР

Метрология — наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Различают метрологию теоретическую, рассматривающую общие теоретические проблемы, прикладную, занимающуюся вопросами практического применения методов и средств измерений, и законодательную, охватывающую комплексы взаимосвязанных и взаимообусловленных общих правил, требований и норм, а также другие вопросы, нуждающиеся в регламентации и контроле со стороны государства.

Одной из важнейших сфер деятельности метрологической службы является разработка и организация средств измерений, а также надзор за их соответствием действующим стандартам и установленным требованиям.

В практике ремонта трансформаторов, электрических машин и коммутационных аппаратов широко применяются мерительные инструменты, измерительные приборы и другие средства измерительной техники, контролируемой метрологической службой. Например, для измерения электрических величин при послеремонтных испытаниях служат приборы определенных классов точности, предусмотренные стандартом. Классы точности измерительных приборов устанавливает и контролирует метрологическая служба.

Все электрические величины, кроме сопротивления изоляции и напряжения при испытании изоляции обмоток на электрическую прочность, следует определять электроизмерительными приборами класса точности не ниже 0,5, если нет иного указания в стандартах или технических указаниях.

§ 60. СТАНДАРТИЗАЦИЯ И КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ

Принятые на XXVI съезде КПСС «Основные направления экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года» предусматривают совершенствование стандартов и технических условий на готовую продукцию и комплектующие изделия, создание и внедрение новых технологических процессов, всемерное повышение качества продукции во всех отраслях народного хозяйства.

Качество продукции — это совокупность свойств продукции, удовлетворяющих определенным потребностям в соответствии с ее назначением. Электрические машины, трансформаторы и коммутационные аппараты могут считаться качественными, если они отвечают в первую очередь требованию надежности,

т.е. свойству выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в установленных пределах в течение требуемого промежутка времени или требуемой наработки*. В ряде случаев в понятие «качество» применительно к электрооборудованию включаются экономичность, ремонтпригодность и др.

В комплексе мер по повышению качества продукции постоянно действующим фактором стала аттестация продукции, выполняемая в соответствии с «Основными положениями единой системы аттестации качества промышленной продукции (ЕСАКП)». Этим документом установлено, что продукция, выпускаемая предприятиями, аттестуется по трем категориям качества — высшей, первой и второй.

К высшей категории качества относится продукция, соответствующая или превосходящая по своим технико-экономическим показателям высшие достижения отечественной и зарубежной науки и техники (этой продукции в установленном порядке присваивается Знак качества), к первой категории — продукция, которая соответствует по своим технико-экономическим показателям современным требованиям действующих стандартов и технических условий, ко второй категории — продукция, которая не соответствует по своим технико-экономическим показателям современным требованиям, морально устарела и подлежит модернизации или снятию с производства; стандарты и технические условия на нее требуют пересмотра.

Все вновь разрабатываемые изделия, передаваемые в серийное производство, должны соответствовать требованиям высшей категории качества.

Положением об аттестации качества продукции предусматриваются систематическое проведение оценки уровня качества всей серийной и массовой продукции, находящейся в производстве, а также вновь разработанных изделий, своевременное снятие с производства устаревших изделий, модернизация имеющихся и разработка новых конструкций. Аттестация качества продукции производится аттестационной комиссией — государственной, отраслевой, предприятия (объединения, завода) и ограничивается определенным сроком. По истечении сроков действия высшей или первой категории качества продукция подвергается переаттестации.

Знак качества присвоен важнейшим видам электротехнической продукции, в том числе многим трансформаторам, электрическим машинам и коммутационным аппаратам.

Требования, предъявляемые к качеству продукции, относятся не только к вновь выпускаемому, но и ремонтируемому электрооборудованию. Качество ремонта трансформаторов, электрических машин и аппаратов достигается непрерывным

* Нарботка электрооборудования — продолжительность его нормального функционирования за некоторый промежуток времени.

совершенствованием технологии ремонта, применением прогрессивных электроизоляционных и проводниковых материалов, лучшей организацией труда и развитием социалистического соревнования работников электроремонтных предприятий.

За выпуск недоброкачественной продукции (не отвечающей требованиям ГОСТа и ТУ) предприятие несет материальную ответственность, а его руководство в лице директора, главного инженера и начальника отдела технического контроля (ОТК) — материальную и уголовную ответственность, предусмотренную законом.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. С какой целью применяют стандартизацию продукции?
2. На какие категории делится продукция промышленности?
3. Какие категории стандартов существуют в СССР?
4. Для чего и как аттестуют промышленную продукцию?
5. Какова роль метрологической службы СССР?
6. Каким путем можно повышать качество ремонтируемого электрооборудования?

ЛИТЕРАТУРА

Антонов Г. Ф., Овчаров Ф. Ф. Ремонт магнитопроводов трансформаторов. — М.: Энергия, 1975.

Бокман Г. А., Пузевский И. С. Конструкция и технология производства электрических машин и аппаратов. — М.: Высшая школа, 1977.

Брускин Д. Е., Зорохович А. Е., Хвостов В. С. Электрические машины. Ч. 2. — М.: Высшая школа, 1979.

Виноградов Н. В. Производство электрических машин. — М.: Энергия, 1980.

Гельберг Б. Т., Пекелис Г. Д. Ремонт промышленного оборудования. — М.: Высшая школа, 1981.

Елкин Ю. С. Монтаж электрических машин и трансформаторов. — М.: Энергия, 1979.

Козлов Ю. С. Основы ремонтного дела. — М.: Высшая школа, 1975.

Крапивницкий Н. Н. Основы слесарного дела. — Л.: Лениздат, 1974.

Макиенко Н. И. Общий курс слесарного дела. — М.: Высшая школа, 1980.

Минскер Е. Г., Аншин В. Ш. Сборка трансформаторов. — М.: Высшая школа, 1976.

Осьмаков А. А. Технология и оборудование производства электрических машин. — М.: Высшая школа, 1980.

Проектирование электрических машин / Под ред. И. П. Копылова. — М.: Энергия, 1980.

Уманцев Р. Б. Конструкции и ремонт короткозамкнутых обмоток роторов крупных двигателей. — М.: Энергия, 1976.

Худяков З. И. Ремонт трансформаторов. — М.: Высшая школа, 1977.

Предисловие	3
Глава I. Основы слесарных работ	5
§ 1. Общие сведения	5
§ 2. Организация рабочего места электрослесаря	7
§ 3. Основные сведения о допусках, посадках и шероховатости	17
§ 4. Техника измерений	21
§ 5. Основные понятия о разметочных работах	24
§ 6. Рубка, правка и гибка металла	28
§ 7. Резка и опилование металла	30
§ 8. Сверление, зенкерование и развертывание отверстий	32
§ 9. Нарезание резьбы	35
§ 10. Шабрение	37
§ 11. Лужение и паяние	39
§ 12. Основные сведения о технологическом процессе слесарной обработки	41
Глава II. Организация и планирование ремонта трансформаторов, электрических машин и коммутационных аппаратов	45
§ 13. Виды и причины износов электрооборудования	45
§ 14. Системы и классификация ремонтов	46
§ 15. Планирование ремонтных работ	48
§ 16. Структура электроремонтного цеха и состав его оборудования	51
Глава III. Устройство трансформаторов	55
§ 17. Общие сведения	55
§ 18. Магнитопроводы силовых трансформаторов	64
§ 19. Обмотки силовых трансформаторов	70
§ 20. Переключающие устройства	80
§ 21. Отводы и вводы	94
§ 22. Основные элементы силового трансформатора (бак, крышка, расширитель и газовое реле)	97
§ 23. Воздухоосушитель и термосифонный фильтр	102
Глава IV. Ремонт деталей и сборочных единиц трансформаторов	105
§ 24. Общие сведения	105
§ 25. Разборка и дефектировка трансформаторов	110
§ 26. Ремонт и изготовление обмоток	116
§ 27. Ремонт магнитопроводов	130
§ 28. Ремонт переключающих устройств	141
§ 29. Ремонт вводов	146
§ 30. Ремонт отводов	149
§ 31. Ремонт бака, крышки, расширителя, термосифонного фильтра и арматуры	150
§ 32. Сборка трансформаторов	151
§ 33. Очистка и сушка трансформаторного масла	169

Глава V. Устройство электрических машин	173
§ 34. Общие сведения	173
§ 35. Основные конструктивные исполнения электрических машин	175
§ 36. Устройство синхронной машины, конструктивное исполнение ее основных деталей и сборочных единиц	178
§ 37. Устройство асинхронных электродвигателей и конструкция их основных сборочных единиц	182
§ 38. Устройство электрических машин постоянного тока и конструкции их сборочных единиц и деталей	188
Глава VI. Ремонт электрических машин	196
§ 39. Общие сведения	196
§ 40. Дефектировка и предремонтные испытания электрических машин	200
§ 41. Разборка электрических машин	204
§ 42. Ремонт коллекторов, щеточного аппарата и контактных колец	212
§ 43. Ремонт сердечников, валов и вентиляторов	224
§ 44. Ремонт станин, подшипниковых щитов и подшипников	233
§ 45. Ремонт обмоток электрических машин	252
§ 46. Балансирование и балансировка роторов и якорей	283
§ 47. Сборка и испытание электрических машин	288
Глава VII. Такелажные работы	294
§ 48. Общие сведения	294
§ 49. Канаты и стропы	296
§ 50. Грузоподъемные механизмы	299
Глава VIII. Устройство и ремонт электрических аппаратов напряжением до 1000 В	302
§ 51. Общие сведения	302
§ 52. Ремонт автоматических выключателей, контакторов и магнитных пускателей	306
§ 53. Ремонт предохранителей	328
§ 54. Ремонт реостатов	334
Глава IX. Классификация и способы испытания трансформаторов и электрических машин	338
§ 55. Общие сведения	338
§ 56. Испытания трансформаторов	340
§ 57. Испытания электрических машин	344
Глава X. Стандартизация и контроль качества	345
§ 58. Общие сведения	345
§ 59. Метрологическая служба в СССР	348
§ 60. Стандартизация и качество продукции	348
Литература	350